

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Influencia de la precipitación total anual en los índices
de riesgo de erosión potencial del suelo de las
quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de
la subcuenca del río Shullcas**

Richard Jhonathan Condori Castro

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Ing. Jacinto Venancio Arroyo Aliaga

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a la Universidad Continental por los conocimientos brindados para enriquecer mi formación profesional; de la misma manera al Ing. Jacinto Arroyo Aliaga, por su apoyo para el buen desarrollo de este trabajo de investigación.

Agradezco a su vez al Instituto Geofísico del Perú, al Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú y al Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (IGP, SENAMHI y CATIE respectivamente) por lo datos brindados en sus portales web y a la comunidad de Acopalca por la disposición de apoyar en esta investigación permitiéndome recorrer las áreas dentro de su jurisdicción.

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia, que siempre está presente apoyándome de manera desinteresada. A la Universidad Continental por promover la investigación en los estudiantes de sus diferentes facultades

ÍNDICE

PORTADA	i
ASESOR.....	ii
AGRADECIMIENTOS.....	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE TABLAS	ix
RESUMEN.....	xi
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1.1. Planteamiento y formulación del problema	1
1.1.1. Planteamiento del problema	1
1.1.2. Formulación del problema	5
1.2. Objetivos	5
1.2.1. Objetivo general	5
1.2.2. Objetivos específicos.....	5
1.3. Justificación e importancia.....	6
1.3.1. Justificación práctica.....	6
1.3.2. Justificación metodológica.....	6
1.3.3. Justificación científica	6
1.3.4. Importancia.....	7
1.4. Delimitación del estudio.....	7
1.5. Hipótesis y variables.....	7
1.5.1. Hipótesis de investigación	7
1.5.2. Hipótesis nula.....	8

1.5.3.	Hipótesis alternativa	8
1.5.4.	Operacionalización de las variables.....	8
CAPÍTULO II.....		9
2.1.	Antecedentes de la investigación.....	9
2.1.1.	Antecedentes encontrados en artículos científicos	9
2.1.2.	Antecedentes encontrados en tesis	19
2.1.3.	Antecedentes encontrados en informes técnicos.....	25
2.2.	Bases teóricas	34
2.2.1.	Fundamentos teóricos de la investigación	34
2.2.2.	Fundamentos metodológicos de la investigación	44
2.2.3.	Modelo teórico de la investigación	57
2.3.	Definición de términos	57
CAPÍTULO III.....		62
3.1.	Método, tipo y nivel de la investigación.....	62
3.1.1.	Métodos de la investigación.....	62
3.1.2.	Tipo de la investigación	64
3.1.3.	Nivel de la investigación	64
3.2.	Diseño de la investigación	64
3.3.	Población y muestra	64
3.3.1.	Población.....	64
3.3.2.	Muestra	65
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	66
3.4.1.	Técnicas de recolección de datos.....	66
3.4.2.	Instrumentos de recolección de datos.....	67
3.5.	Técnicas de análisis y procesamiento de datos	67
CAPÍTULO IV		68
4.1.	Resultados de la investigación.....	68
4.1.1.	Prueba de hipótesis	76

4.2. Discusión de resultados.....	77
CONCLUSIONES	80
RECOMENDACIONES.....	81
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
ANEXOS.....	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 01. Imágenes de deslizamientos de tierra en la subcuenca del río Shullcas.....	4
Figura 02. Metodología CORINE para evaluar la erosión de los suelos.....	10
Figura 03. Mapa de índice de erosión potencial en los distritos.....	10
Figura 04. Diagrama de flujo empleado en la metodología CORINE.....	11
Figura 05. Presentación final de las zonas acogidas con suelo degradado.....	17
Figura 06. Niveles de riesgo al proceso de erosión, definidos a partir de la litología, cobertura vegetal y pendiente.....	18
Figura 07. Proceso empleado para elegir el modelo de erosión adecuado.....	19
Figura 08. Método CORINE para la evaluación de la erosión del suelo.....	26
Figura 09. Esquema metodológico para alcanzar a determinar el riesgo de erosión potencial y actual.....	27
Figura 10. Relieve que presenta la de la sub cuenca del río Shullcas.....	29
Figura 11. Unidades de suelo en la subcuenca del río Shullcas, Junín.....	30
Figura 12. Niveles de precipitación en la subcuenca del río Shullcas, Junín.....	31
Figura 13. Unidades de suelo y taxonomía identificadas en la subcuenca del río Shullcas	33
Figura 14. Métodos que posibilitan el cálculo de precipitación media en una cuenca.....	35
Figura 15. Ejemplo de polígono de Thiessen.....	36
Figura 16. Mapa de isoyetas.....	37
Figura 17. Ejemplo de trazo de isoyetas.....	38
Figura 18. Mecanismos responsables de la erosión.....	39
Figura 19. Métodos - modelos de estimación de la erosión hídrica.....	45
Figura 20. Metodología CORINE para la evaluación de la erosión del suelo.....	48
Figura 21. Triángulo de clase textural del suelo.....	52
Figura 22. Capas o layer.....	54
Figura 23. Atributos de capas.....	54
Figura 24. Agrupamiento de información.....	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 01. Descripción y operacionalización de las variables.....	8
Tabla 02. Clasificación dentro del procesamiento en el SIG.....	12
Tabla 03. Clasificación de las categorías de fragilidad ante deslizamiento y erosión en el municipio de Ibagué.....	14
Tabla 04. Definición y factores para la evaluación de la aptitud del territorio en referencia a la determinación de los suelos que presentan degradación.....	16
Tabla 05. Índice Modificado de Fournier para la estación Tingo María y su aplicación metodológica.....	24
Tabla 06. Superficie de erosión que presenta en la actualidad en miles de hectáreas por cada región.....	27
Tabla 07. Taxonomía, unidades de suelo y su descripción en la subcuenca del río Shullcas.....	32
Tabla 08. Índices numéricos.....	46
Tabla 09. Valores asignados a cada variable.....	46
Tabla 10. Modificadores de riesgo potencial.....	47
Tabla 11. Índices numéricos para los índices de riesgo de erosión potencial del suelo...	49
Tabla 12. Índices numéricos para clase de erosividad.....	49
Tabla 13. Índices numéricos para clase de variabilidad.....	50
Tabla 14. Índices numéricos para clase de aridez.....	51
Tabla 15. Índices numéricos para clase de erodabilidad.....	51
Tabla 16. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USDA).....	51
Tabla 17. Índices numéricos empelados para la textura según sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).....	52
Tabla 18. Índices numéricos para la profundidad efectiva.....	52
Tabla 19. Índices numéricos para pedregosidad superficial.....	53
Tabla 20. Índices numéricos para pendientes.....	53
Tabla 21. Tipos de mapas.....	56
Tabla 22. Descripción de los puntos de muestreo.....	66
Tabla 23. Precipitación total mensual (mm), período 2006 - 2018.....	69
Tabla 24. Precipitación total anual (mm), período 2006 - 2018.....	69
Tabla 25. Ecuación de Fourier y reclasificación según el método CORINE.....	70
Tabla 26. Temperatura media mensual (°C), período 2010 - 2018.....	71
Tabla 27. Cálculos de $(2Ti-Pi)$ y Ki , periodo 2010 - 2018.....	71

Tabla 28. Reclasificación de aridez según el método CORINE, período 2010 - 2018.....	72
Tabla 29. Textura del suelo en los puntos de muestreo.....	73
Tabla 30. Profundidad efectiva del suelo en los puntos de muestreo.....	74
Tabla 31. Índices de riesgo de erosión potencial del suelo en la zona de estudio, período 2010 - 2015 y año 2018.....	75
Tabla 32. Índices de riesgo de erosión potencial del suelo en la zona de estudio, período 2016 - 2017.....	76
Tabla 33. Resultados de prueba de hipótesis.....	76

RESUMEN

Objetivo: Determinar la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas. **Métodos:** La metodología aplicada fue CORINE basado en el análisis multicriterio el cual consiste en el desarrollo de índices numéricos que se deriva a partir de los valores absolutos de las variables físicas, los que, normalizados en una escala común, permiten clasificar el riesgo para cada proceso de degradación tales como erosión; este proceso está ligado a las variables: erosividad, erodabilidad y pendientes. **Resultados:** Los resultados muestran que la precipitación total anual para el período 2010 al 2018 varía entre los 850.80 mm y 1,017.20 mm y respecto a los índices de riesgo de erosión potencial del suelo para el período 2010 - 2015 y año 2018 las áreas con nivel bajo son de 0.50 km² con el 0.62 % del área total, en nivel medio 4.23 km² con el 5.30 %, para el nivel alto de 51.86 km² con el 65.01 % y de 23.19 km² con el 29.07 %, lo que representa las áreas no tomadas en cuenta, mientras que para el período 2016 - 2017 las áreas con nivel bajo son de 4.74 km² con el 5.94 % del área total, en nivel medio 38.38 km² con el 48.11 %, el nivel alto de 13.47 km² con el 16.88 % y de 23.19 km² con el 29.07 % de áreas no tomadas en cuenta como zonas urbanas, lagos, nevados y roca desnuda de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio. **Conclusión:** La precipitación total anual influye significativamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo, en las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio dentro la subcuenca del Río Shullcas.

Palabras clave: índices de precipitación total anual, índices de riesgo de erosión potencial, Erbacio, Ronda y Pichcapuquio.

ABSTRACT

Objective: To determine the influence of total annual precipitation on the risk indexes of potential soil erosion of the Erbacio, Ronda and Pichcapuquio streams of the sub-basin of the Shullcas river. **Methods:** The applied methodology was CORINE based on the multicriteria analysis which consists of the development of numerical indices that are derived from the absolute values of the physical variables, which, normalized on a common scale, allow classifying the risk for each process of degradation such as erosion; this process is linked to the variables: erosivity, erodability and slopes. **Results:** The results show that the total annual precipitation for the period 2010 to 2018 varies between 850.80 mm and 1,017.20 mm and with respect to the potential soil erosion risk indices for the period 2010 - 2015 and year 2018, the areas with low levels are 0.50 km² with 0.62 % of the total area, at the mean level 4.23 km² with 5.30 %, for the high level of 51.86 km² with 65.01 % and 23.19 km² with 29.07 %, which represents the areas not taken into account, while for the period 2016 - 2017, the areas with a low level are 4.74 km² with 5.94 % of the total area, at a medium level 38.38 km² with 48.11 %, the high level of 13.47 km² with 16.88 % and 23.19 km² with 29.07 % of areas not taken into account such as urban areas, lakes, snow-capped mountains and bare rock in the Erbacio, Ronda and Pichcapuquio streams. **Conclusion:** Total annual precipitation significantly influences the risk indexes of potential soil erosion in the Erbacio, Ronda and Pichcapuquio streams within the sub-basin of the Shullcas River.

Key words: total annual precipitation indices, risk indexes of potential erosion, Erbacio, Ronda and Pichcapuquio.

INTRODUCCIÓN

Ante la evidencia de pérdidas de suelo por erosión dentro de la sub cuenca del río Shullcas la cual afecta el equilibrio natural existente, nace la necesidad de conocer la causa principal que da lugar a este proceso. Motivo por el cual esta investigación tiene por objetivo determinar la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas, donde se encuentran las pendientes más pronunciadas y fuertes precipitaciones los cuales representan un escenario de riesgo latente al proceso de erosión del suelo.

El capítulo I, presenta el planteamiento del problema y formulación del problema donde a su vez se incluyen los objetivos, la justificación e importancia, delimitación del estudio e hipótesis y descripción de variables relacionadas con la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo.

El capítulo II, aborda los antecedentes de la investigación y las bases teóricas tales como tesis, artículos científicos y demás información relacionada con la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo; a su vez el método CORINE es seleccionado como modelo teórico de la investigación por adaptarse mejor a los datos con los que se cuentan, el cual consiste en elaborar un índice numérico que es resultado de los valores absolutos de las variables físicas, los cuales son llevados a una escala ordinal y por medio de análisis multicriterio, permiten clasificar el riesgo para el proceso de erosión. El resultado es un índice de riesgo potencial intrínseco del sitio, el cual se utiliza de manera más sencilla para determinar, el riesgo de los procesos de degradación en un suelo específico.

El capítulo III, aborda todo lo relacionado con los aspectos metodológicos como el método (deductivo-analítico y observacional), tipo (aplicado), nivel de investigación (correlacionar) y diseño de la investigación (no experimental) a su vez la muestra y las técnicas tales como el análisis documental y observación en campo no experimental que contribuyeron para la recopilación de datos.

El capítulo IV, aborda los resultados de la investigación, el cual abarca a analizar los datos de precipitación total anual de la estación dentro del área de estudio y su influencia en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo determinado por la metodología CORINE.

Finalmente, la conclusión general de esta investigación aborda la influencia significativa que tiene la precipitación total anual respecto a los índices de riesgo de erosión potencial del suelo por lo cual es importante continuar monitoreando el proceso de erosión de suelos dentro del área de estudio.

El autor.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema

1.1.1. Planteamiento del problema

La Organización Meteorológica Mundial ^{1, pág. 9 - 10} indica que la precipitación es un factor representativo en las áreas amenazadas por la degradación del suelo y desertificación, sumándose a todo esto el cambio climático, afectando las grandes planicies como sucede en América del Norte o la prolongada sequía de Sahel que duro entre 70 y 80 años, por otro lado, las precipitaciones abundantes vienen produciendo la erosión del suelo en diversas partes del planeta.

Según Jarroud ^{2, pág. 1}, en la actualidad la superficie afectada por la erosión el Sudamérica está alrededor del 68 %, de este total cien millones de hectáreas que han sufrido el proceso de degradación a causa de la deforestación y setenta a consecuencia del sobrepastoreo. Países como Paragua, México y Argentina tienen problemas de desertificación y degradación en la mitad de su territorio, Con relación a Perú, Bolivia, Ecuador, y Chile, se calcula que entre 27 a un 43 % de desertificación en su territorio. Bolivia representa un caso grave donde seis millones de personas que representa un 77% de la población de este país, viven en áreas degradadas. Asimismo, en El Salvador la erosión hídrica ha afectado hasta un 75 % de su superficie y en Guatemala el 12 % de la

superficie esta propensa a la desertificación. A su vez, se señala que el nivel de erosión ligera está representado por un diez por ciento mientras que la erosión moderada está representada por un ochenta por ciento; a consecuencia de esto solo el diez por ciento de los suelos considerados con fertilidad tienen un buen estado.

El experto Kiersch ^{3, pág. 1} quien labora en la FAO desde hace muchos años indica de una manera preocupante que en Argentina más de sesenta millones de hectáreas sufren el proceso de erosión en niveles moderado a grave. A su vez alertó sobre los efectos de la erosión eólica e hídrica. Por otro lado, el experto Valdir Welte representante de la FAO en Argentina mencionó que cada año se pierde 30,000 km² de suelo en el planeta, Javier Rodríguez secretario de Coordinación de Política Institucional y Emergencia Agropecuaria, acepta que existe una sobreutilización del suelo e indica que es necesario encontrar nuevas herramientas que ayuden a mantener la calidad del suelo.

Según Pontón ^{4, pág. 1}, geólogo experto, detalló que, nacionalmente, en las áreas de alta montaña existen desprendimientos de laderas y derrumbes, las que llegan hasta el Amazonas viajando por el río Madre de Dios y que estos ríos presentan abundante materia orgánica, de la cual gran cantidad de este material es desprendido por las lluvias y a consecuencia de los asentamientos humanos en la región, así como es producto de las quemadas.

El experto italiano Zanini ^{5, pág. 1} señala que la eliminación de la cobertura vegetal está causando la erosión ya que al quedarse sin esta protección la lluvia y el incremento de la escorrentía causa una pérdida del suelo y su capacidad de sostener la vida ^{6, pág. 309}. De igual manera, el experto citado considera que los suelos de montaña son pobres y carecen de desarrollo agrícola de otros lugares por lo que cuentan con menores inversiones y sirven más para la supervivencia de los pueblos. El cambio climático está llegando a las montañas y variando sus microclimas y sus efectos van a ver también en las llanuras y otras superficies de las tierras alterando la formación de los suelos y la aparición de nuevas plantas en las cotas altas.

Las técnicas usadas en la agricultura y ganadería combinadas con los factores naturales producen una degradación en los suelos de Perú a pesar de que este tiene escasas tierras ^{7, pág. 1}. Cada año el Perú pierde miles de hectáreas de suelos producto de la erosión. De esta manera se pierden parte del horizonte O y A, dejándolo improductivo. Los problemas que afectan los suelos peruanos son graves y causan la destrucción de estos y esto incide directamente en la baja producción agropecuaria. La quema de rastrojos y falta de cobertura vegetal en los suelos de la sierra han afectado el sesenta por ciento de los suelos agrícolas. El deterioro de la cobertura vegetal y origen de erosión se da por la quema de los pajonales así como el pastoreo de especies no aptas los cuales destruyen la cobertura de pastos naturales como los ovinos, vacunos y equinos por arranque y pisoteo. Por otro lado la selva alta son afectadas por las excesivas pendientes, deforestación incontrolada deslizamientos y huaycos los cuales son graves.

Agro Rural ^{8, pág. 1} informa que 12 provincias y 115 de sus distritos de los departamentos de Lambayeque, La Libertad, Cajamarca y Amazonas se vienen realizando diversos programas para la mejora de vida de los pobladores, los cuales tiene condición de pobreza extrema tiene problemas de erosión de suelos en áreas promedio de tres hectáreas, sumado a esto existe una deficiencia de disponibilidad agua para el riego de sus cultivos durante ciertos periodos. La principal actividad económica de estas familias son pecuarias y agrícolas principalmente para el autoconsumo; el aislamiento a su vez hace que se presente dificultades en la comercialización con el mercado y elevados costos de transporte.

El Ministerio del Ambiente en un artículo publicado en su portal web indica que a consecuencia de los cambios en el clima la subcuenca del río Shullcas está siendo afectada por la erosión de suelo ^{9, pág. 1}. A su vez, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) señala que para la subcuenca del río Shullcas es necesaria una mejor selección de los sistemas de producción en tierras en laderas empinadas, donde se evidencia una erosión hídrica considerable; la erosión generada por la actividad humana es aún más notoria: información sobre riesgos de desastres naturales en la comunidad campesina de Acopalca señalan

signos de erosión de suelos sobre todo en zonas con pendientes muy pronunciadas como se puede apreciar en la figura 01 ^{10, pág. 28}. El Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI) ^{11, pág. 117} también señala que las laderas occidentales de los cerros Ocopilla, Corona del Fraile y San Cristóbal presentan en su superficie drenajes de aspecto detrítico los cuales evidencian los procesos de erosión del suelo por las intensas lluvias estacionales y estas laderas están ubicadas en la Cooperativa Las Lomas, Soto Valle, Santa Isabel y San Cristóbal.



Figura 01. Imágenes de deslizamientos de tierra en la subcuenca del río shullcas.

Fuente: CATIE ^{10, pág. 28}.

Es claro que las altas precipitaciones pueden ir erosionando el suelo, evidenciando la necesidad de monitorear este recurso más aún si se encuentra dentro de la influencia de un área de conservación. La evidencia recolectada muestra zonas afectadas por el proceso de erosión y que a su vez no existen estudios previos relacionados con este proceso en el área de influencia de este estudio. En términos de proteger el equilibrio ecosistémico en zonas vulnerables al cambio climático nace la necesidad de entender y evidenciar la influencia que tiene las precipitaciones sobre la erosión en relación al riesgo y su incremento en el área de estudio.

1.1.2. Formulación del problema

A) Problema general:

¿Cuál es la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas?

B) Problemas específicos:

- ¿Cuáles son los índices de erosividad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas?
- ¿Cuáles son los índices de erodabilidad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas?
- ¿Cuáles son los índices de pendiente de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas?

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo general

Determinar la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.

1.2.2. Objetivos específicos

- Estimar los índices de erosividad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.
- Determinar los índices de erodabilidad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.
- Identificar los índices de pendiente de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.

1.3. Justificación e importancia

1.3.1. Justificación práctica

Teniendo el conocimiento de la relación existente entre la precipitación total anual y los índices de riesgo de erosión potencial del suelo se puede ir monitoreando nuestras cuencas para prevenir, resolver y/o mitigar problemas de naturaleza ambiental en relación al recurso suelo. Las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca de río Shullcas por encontrarse en la sierra presentan pendientes muy pronunciadas y fuertes precipitaciones en épocas marcadas. Todos estos factores se suman para ocasionar la erosión en los suelos ^{12, pág. 11}. Como aporte económico, la presente evidencia una contribución significativa ya que al tener conocimiento de las áreas que evidencian un riesgo al proceso de erosión se podrá prevenir pérdidas de suelos mayores tomando medidas de control y evitando gastos en la remediación.

1.3.2. Justificación metodológica

Esta investigación es importante ya que ayuda a tener un mejor entendimiento de la influencia que ejerce la precipitación total anual en el proceso de erosión de los suelos. El uso de la metodología CORINE a su vez representa una idea del sí se puede aplicar o no en Perú, así como ver las limitantes que se puedan presentarse durante el proceso de obtención de resultados.

1.3.3. Justificación científica

Es importante científicamente ya que incrementa la información cualitativa del proceso de erosión del suelo por causas hídricas, ya que estudios han demostrado la importancia de considerar varias escalas espaciales y temporales, de este modo la información puede complementarse y tener una perspectiva en conjunto de los procesos erosivos ^{13, pág. 239}.

1.3.4. Importancia

La importancia de conocer la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial en las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la sub cuenca del río Shullcas, se asocia con la generación de iniciativas que se oriente a gestionar adecuadamente el recurso suelo.

1.4. Delimitación del estudio

- Delimitación geográfica: el área de estudio comprende las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca alta del Río Shullcas con un área total que abarca 79.78 km² (ver anexo 03).
- Delimitación temporal: los índices de riesgo de erosión potencial del suelo, indica la susceptibilidad de los terrenos a la erosión y según la metodología CORINE este corresponde al escenario más desfavorable ya que no se toma en cuenta la cobertura vegetal ^{14, pág. 74}, así que toda la información recopilada fue usada para determinar dichos índices por este motivo no se usó el dato de cobertura vegetal ya que el uso de mismo implica que los resultados se den en un punto específico de tiempo y mayores recursos para la recolección y obtención de datos. Para el caso de la precipitación total anual el espacio temporal seleccionado oscila entre el 2010 y 2018 ya que los datos de temperatura son una limitante para los demás cálculos puesto que solo se pudo obtener data a partir del año 2010 en adelante y sumado a esto la información a procesar resulta muy grande.

1.5. Hipótesis y variables

1.5.1. Hipótesis de investigación

H₁: La precipitación total anual influye significativamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.

1.5.2. Hipótesis nula

H₀: La precipitación total anual no influye significativamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.

1.5.3. Hipótesis alternativa

H_a: La precipitación total anual influye moderadamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.

1.5.4. Operacionalización de las variables

Tabla 01. Descripción y operacionalización de las variables.

Variables	Tipo de Variables	Conceptualización	Categorías	Indicadores	Ítem
Índices de riesgo de erosión potencial del suelo.	Cuantitativa Compleja Por su naturaleza: Dependiente	Niveles de degradación del suelo que se desliza cuesta abajo.	Erosividad	<ul style="list-style-type: none"> • Nulo • Bajo • Moderado • Alto 	Índice Fournier Índice de Bagnouls-Gaussen
			Erodabilidad	<ul style="list-style-type: none"> • Nulo • Bajo • Moderado • Alto 	Textura del suelo Profundidad del suelo Pedregosidad superficial
			Pendiente	<ul style="list-style-type: none"> • Suave o llano • Llano • Pendiente • Mucha Pendiente 	
			Precipitación total anual.	<ul style="list-style-type: none"> • Metros Cúbicos • Horas 	m ³ Hr
		Proceso en el cual se condensa el vapor de agua de la atmósfera y cae sobre la superficie terrestre.	Volumen de agua Tiempo de concentración		

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedentes encontrados en artículos científicos

En el artículo científico titulado “Evaluación de la erosión potencial de los suelos mediante la metodología CORINE en distritos pecuarios de la provincia Mayabeque, Cuba” se tuvo como objetivo aplicar el método CORINE en la provincia Mayabeque en sus distritos Guayabal y Nazarenos en el país de Cuba y realizar una evaluación de tipo cualitativa en relación a la erosión potencial. La metodología CORINE fue aplicada en el En estas dos localidades ya mencionadas las cuales son representativas donde se evaluaron los índices de erodabilidad, erosividad pendiente y la protección del suelo como se muestra en la figura 02 y los resultados se pueden apreciar en la figura 03, donde se evidencia gráficamente (por medio de un mapa) que se tienen suelos con índices de erosión potencial alta y moderada en casi toda la extensión, excepto en la zona central de estudio, donde dicho índice es bajo. Las conclusiones en que los procesos erosivos de los dos distritos se dan a consecuencia de la erosividad de las lluvias y esto obtenido a través del índice de erosión potencial ^{15, pág. 423 - 428}.

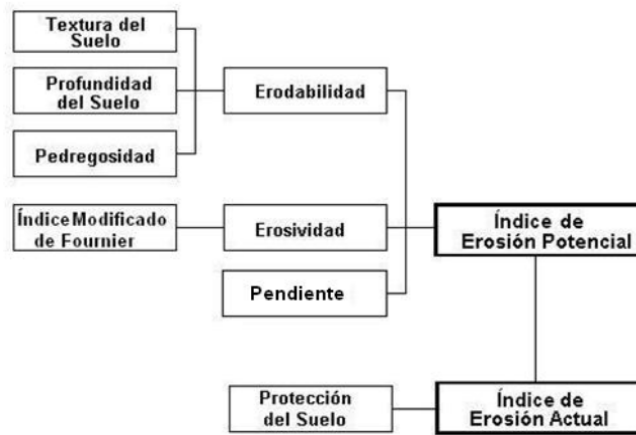


Figura 02. Metodología CORINE para evaluar la erosión de los suelos.

Fuente: Vega ¹⁵, pág. 424 .

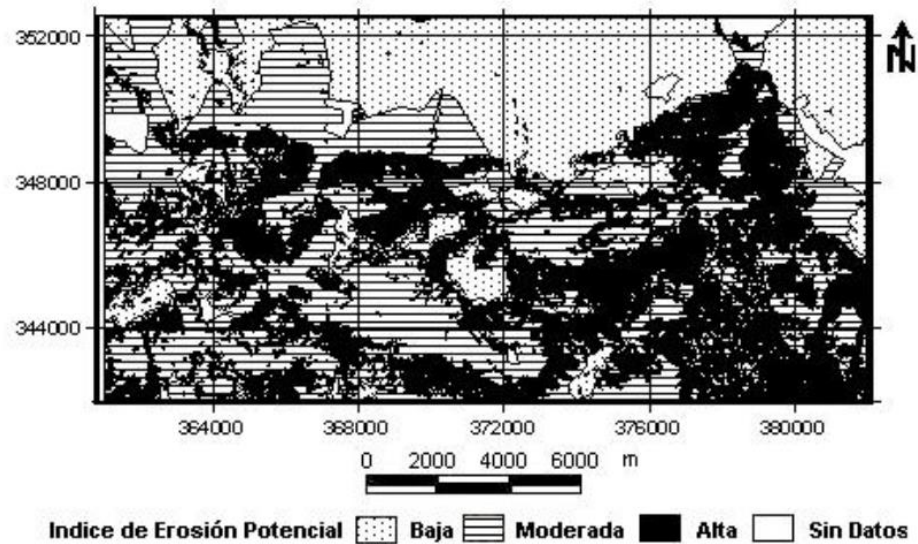


Figura 03. Mapa de índice de erosión potencial en los distritos.

Fuente: Vega ¹⁵, pág. 427 .

En el artículo científico titulado “Una evaluación del riesgo de cambio de cubierta terrestre y erosión en el Estado de Akwa Ibom de Nigeria utilizando la metodología Coordinación de la información sobre el medio ambiente (CORINE)” ¹⁶, pág. 76 - 88 tuvo por objetivo evaluar los cambios en la cobertura de la tierra y el riesgo de erosión en el estado de Akwa Ibom desde 1987, cuando fue creado. La metodología empleada fue la de CORINE y sigue el siguiente esquema de trabajo mostrado en la figura 04.

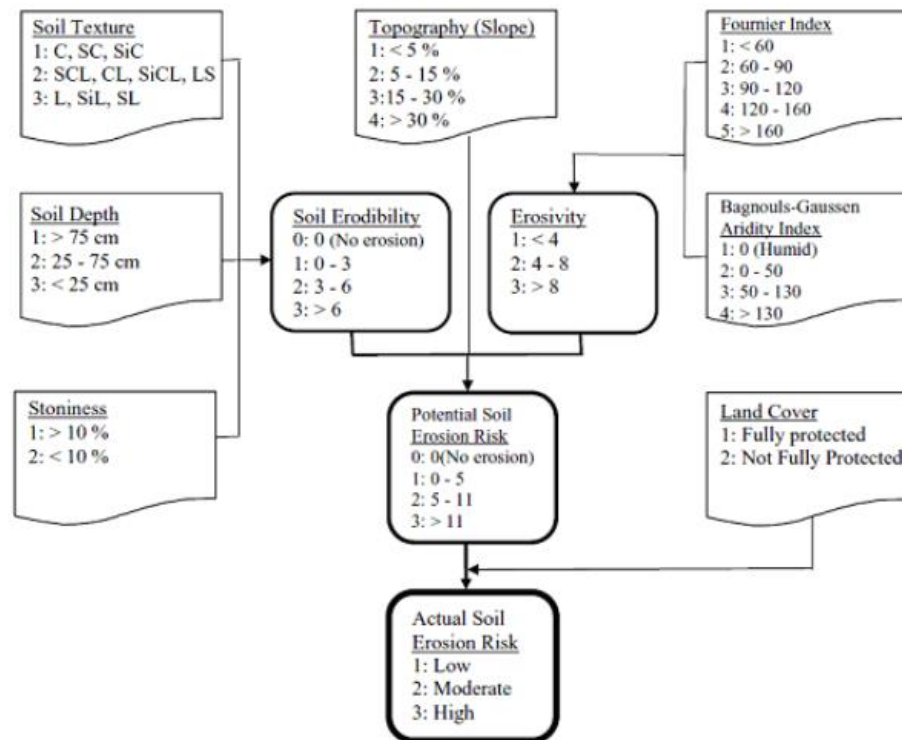


Figura 04. Diagrama de flujo empleado en la metodología CORINE.

Fuente: Ekpenyong ¹⁶, pág. 78 .

Los resultados indicaron que para la erosión potencial el 10.2 % es bajo, el 28.8 % el medio y el 61 % es alto; para la erosión actual en 1986 el 30.7 % es bajo, el 62 % el medio y el 17.3 % es alto y para la erosión actual en 2007 el 16.9 % es bajo, el 44.6 % el medio y el 38.5 % es alto. Llegando a la conclusión de que el estudio ha demostrado que el uso de sistemas de información geográfica y tecnologías de teledetección y para el mapeo del riesgo al proceso de erosión, basado en la metodología implementada en el modelo CORINE, resultó en una evaluación costo-efectiva y precisa del riesgo de erosión del suelo en el estado de Akwa Ibom. Con las modificaciones apropiadas, el modelo CORINE puede usarse para evaluar el riesgo de erosión en cualquier parte del mundo para salvaguardar nuestros recursos naturales, incluso cuando los datos disponibles están obsoletos ¹⁶, pág. 76 - 88 .

En el artículo científico titulado “Dinámica erosión/sedimentación: diseño y aplicación del modelo de erosión y sedimentación en la cuenca del río

Nosara” se tuvo como objetivo identificar las áreas del río Nosara que presentan susceptibilidad a la erosión. Los datos empleados para este fin son la profundidad del suelo, precipitación, textura, geomorfología, pendiente y el uso de la tierra mediante el modelo erosión/sedimentación el cual da valores de entre 0 y 4 para cada característica de elemento estudiado y finalmente estos son llevados a un software SIG (Sistema de Información Geográfica). En la tabla 02, se observa la clasificación que se le asigna durante el procesamiento. Los resultados obtenidos fueron que el 87.5 % del área total tiene una condición de poco erosionable, mientras que el 7.1 % ligeramente a moderadamente erosionables y el 5.4 % es altamente erosionable. Se concluye finalmente que se logró determinar los índices correspondientes a las áreas que presentan erosión actualmente y que los mapas con las áreas de erosión y sedimentación generadas con el método para la cuenca hidrográfica del río Nosara, lo cual permite observar las variaciones de estas áreas en los tres momentos de estudio ^{17, pág. 29 - 46}.

Tabla 02. *Clasificación dentro del procesamiento en el SIG.*

Textura del suelo	Profundidad del suelo	Índice de Fournier	Pendiente	Uso de la tierra	Geomorfología	Rangos finales		
Clase cuantitativa para el SIG	Clase cuantitativa para el SIG	Clase cuantitativa para el SIG	Clase cuantitativa para el SIG	Clase cuantitativa para el SIG	Clase cuantitativa para el SIG	Clase cuantitativa para el SIG	Clase cuantitativa para el SIG	Clase simbología para la representación cartográfica
0	0	0	0	0	0	0 a 3	Áreas que presentan sedimentación o sin erosión evidente	1
1	1	1	1	1	1	3 a 5	Áreas que presentan baja erosión hídrica laminar y baja sedimentación	2
		3	3			7 a 10	Áreas de lata erosión hídrica laminar	4
		4				11 a 15	Áreas de intensa erosión hídrica laminar	5

Fuente: Ulate ^{17, pág. 34}.

En el artículo científico titulado “Niveles de fragilidad potencial para la erosión y el deslizamiento en los suelos del municipio de Ibagué en Tolima” se tuvo como objetivo identificar la fragilidad potencial del suelo para procesos de deslizamientos y erosión en Ibagué y clasificar su nivel; buscando que los habitantes de la zona puedan restaurar y conservar las zonas ecológicas. El método utilizado fue el de Alarcón y Gayoso basado en el análisis multicriterio que consistió en el desarrollo de valores numéricos los cuales representan la variables físicas, empleando como herramienta base el uso de software como ILWIS. Los datos fueron recolectados de las diversas estaciones meteorológicas del instituto de hidrología a fin de determinar la precipitación media anual, además se cotejaron datos de estudios de ordenamiento y manejo de cuencas los cuales fueron obtenidos por la Corporación Autónoma Regional del Tolima, mismas que sirvieron para obtener datos de profundidad efectiva, mientras que los datos de textura del suelo y drenaje interno fueron obtenidos de campo, y los datos de pendientes y profundidad efectiva fueron obtenidos de estudios anteriores y cartas nacionales. Muchos de los mapas estuvieron basados en el mapa de clasificación de suelos existente, extrayendo una muestra y generalizándose el resultado para todo el tipo de suelo como la textura y drenaje interno del suelo finalmente estos fueron sometidos y clasificados bajo la metodología de Alarcón y Gayoso. Al no existir una metodología similar a la ya expuesta, no se pudo comparar los resultados motivo por el cual solo se menciona a la metodología USLE utilizada con anterioridad que arroja valores similares en cuanto a áreas afectadas en forma de porcentaje, sus resultados se muestran en la tabla 03. Finalmente se concluye en que el municipio de Ibagué tiene mayor riesgo al proceso erosivo esto bajo el sistema que emplea el Comité de Cafeteros de Colombia para su clasificación ya que el sistema tiene un mayor rango en su sistema de riesgo y estos son más elevados para la textura de arcillas y limos de baja y alta plasticidad; esto al igual que la profundidad efectiva del suelo incrementa el riesgo de pérdida de suelo como lo señala la metodología planteada por Alarcón-Gayoso. Las zonas que presentan alto riesgo se encuentran ubicadas en las montañas adyacentes al casco urbano y en río Combeima confirmado de esta manera estudios previos por las

instituciones ambientales del municipio. Las áreas con mayor riesgo a deslizamientos para Ibagué están localizadas en el río Combeima y las montañas adyacentes al casco urbano lo cual concuerda con los registros Ingeominas ^{18, pág. 67 - 76}.

Tabla 03. *Clasificación de las categorías de fragilidad ante deslizamiento y erosión en el municipio de Ibagué.*

Categoría de fragilidad	Fenómeno	Sistema de clasificación	Área (ha)	%
Muy bajo			60518,79	43,12
Bajo			30922,61	22,03
Medio	Deslizamiento	Comité de cafeteros de Colombia	25830,55	18,41
Alto			20354,33	14,50
Muy alto			2673,56	1,91
Muy bajo			28112,64	20,03
Bajo			20963,93	14,94
Medio	Deslizamiento	Instituto Geográfico Agustín	28081,01	20,01
Alto			36918,79	26,31
Muy alto			24807,95	17,68
Muy bajo			0	0
Bajo			32265,78	22,99
Medio	Erosión	Comité de Cafeteros de Colombia	35467,85	25,27
Alto			48363,80	34,46
Muy alto			24202,40	17,25
Muy bajo			810,610	0,58
Bajo			42422,85	30,23
Medio	Erosión	Instituto Geográfico Agustín Codazzi	52240,26	37,22
Alto			27038,40	19,27
Muy alto			16823,67	11,99

Fuente: Leal ^{18, pag. 73}.

En el artículo científico titulado “Evaluación del riesgo de degradación del suelo en la cuenca del río Lerma, Estado de México, utilizando plataformas SIG”, se tuvo como objetivo estimar el riesgo de degradación y conservar los suelos identificado áreas prioritarias a lo largo de la cuenca

del río Lerma. En este sentido el autor analizo variables tales como uso de suelo, textura, pendiente, densidad de drenaje, profundidad del suelo, precipitación, vegetación, influencia de las localidades, bienestar económico y habitantes; posterior a esto el autor hizo uso de Sistemas de Información Geográfica y análisis multivariado empleando software tales como Arc View 3.2 y 3.3, Auto CAD MAP I, Surfer v.8.0, ILWIS v.3.0, Microsoft Office Excel v.2003. Se emplearon imágenes satelitales de Landsat 7 que registraron los siguientes parámetros Datum de referencia WGS 84, elipsoide de referencia WGS 84, con un tamaño de celda de treinta metros con una proyección UTM para la zona 14 UTM; también se emplearon caras topográficas en escala 1:50000 proporcionadas por INEGI de los años 1996 a año 1998, de estas cartas se extrajeron los datos topográficos, los ríos. Del portal web de INEGI se pudo extraer la data de niveles de bienestar económico del año 2000. La textura del suelo fue extraída de la cartografía digital de CONABIO y el uso del suelo se extrajo del Inventario Forestal. Para el procesamiento de los datos recolectados se empleó el análisis multicriterio el cual aplica ponderaciones y variables como se puede apreciar en la siguiente formula^{19, pág. 1 – 23}:

$$\text{Modelo} = (\text{variable1} * \text{peso1}) + (\text{variable2} * \text{peso2}) + (\text{variable} \dots n * \text{peso} \dots n)$$

^{19, pág. 1 – 23}

Los resultados indicaron que el proceso de degradación en la parte alta representa en doce por ciento, en el curso medio el treinta y uno por ciento y en curso bajo el treinta por ciento. Las áreas prioritarias en el curso bajo son 32 localidades estas dentro del municipio de Acambay, en el curso medio 51 corresponden a San Felipe y 25 a Temoaya. Finalmente se concluye diciendo que se utilizaron las variables establecidas según la metodología y que otras fueron incluidas según la revisión bibliografica, información con la que se contaba, los rangos y pesos también fueron modificados en función a la bibliografía. Se tomaron puntos de muestreo en campo para medir el grado de error y se consideró el modelo es el más adecuado para medir el riesgo de

degradación, el autor indica también que su aplicación está en función de la información disponible, necesidades, objetivos de cada estudio y el nivel de detalle, ya que permite identificar zonas prioritarias para la conservación del suelo ^{19, pág. 1 - 23}.

En el artículo científico titulado "Zonas de acogida para suelos degradados mediante evaluación multicriterio" se tuvo por objetivo la obtener datos cartográficos que representen el suelo y su degradación con la técnica de evaluación multicriterio. La técnica empleada fue la evaluación multicriterio, donde los criterios y factores para la evaluación se muestran en la tabla 04 tales como suelos, topografía, cobertura vegetal y uso actual del suelo.

Tabla 04. *Definición y factores para la evaluación de la aptitud del territorio en referencia a la determinación de los suelos que presentan degradación.*

Criterios (variables)	Factores
Suelos	a.-Capacidad de erosionabilidad
	b.- Pendiente
	c.- Drenaje
	d.- Capacidad de estabilidad
Topografía	a.- Pendiente
	b.- Exposición
	c.- Drenes
Cobertura vegetal	a.- Tipo de vegetación
Uso actual (Capacidad agrológico del suelo)	a.- Uso actual del suelo

Fuente: Sepúlveda ^{20, pág. 91}.

Para el caso específico de erosionabilidad de suelos, los parámetros seleccionados fueron: textura, drenaje, pendiente, exposición. Para el caso de la textura se clasificaron en tres grandes grupos representados por arena, limo y arcillas. Para el drenaje externo a partir de curvas de nivel se representó a las micro cuencas al interior del área de estudio y después se generaron drenes de escurrimiento, finalmente la zona de

escurrimiento de los polígonos de micro cuenca se obtuvo interceptando ambas coberturas para luego ser reclasificados en base a 4 valores. Para el caso de las pendientes se generó un DEM, asignando valores numéricos del 1 al 5 para finalmente reclasificarlos en porcentajes y para la exposición se determinó el grado de cobertura vegetal que presenta el suelo. Un punto importante es el criterio que tomó, al cual llama imposibilidad física y excluye a canales, cuerpos de agua y lugares con edificaciones, así como a zonas no terminadas es decir de donde se cuentan con datos. El criterio para la erosionabilidad del suelo fue la calidad de resistencia del suelo y la topografía del espacio abarcado. Los resultados fueron presentados con la composición cartográfica señalando la imagen de fondo representada por un mosaico, la propiedad rural, y polígonos que representan los suelos degradados como se muestra en figura 05.

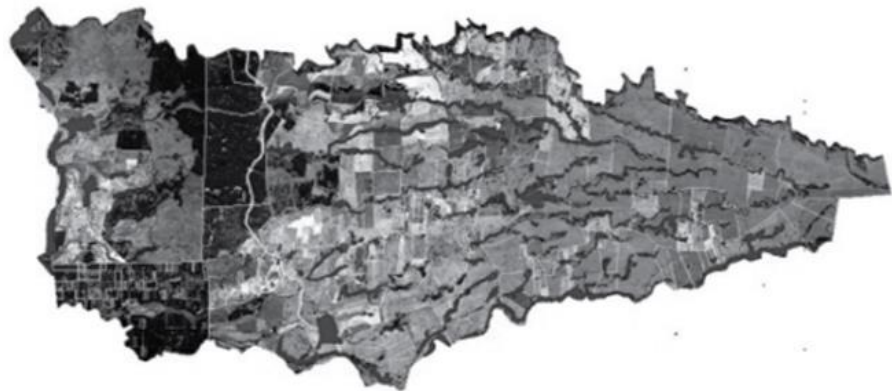


Figura 05. Presentación final de las zonas acogidas con suelo degradado.

Fuente: Sepúlveda ²⁰, pág. 100.

El autor concluyo en que las áreas con pendientes superiores al ocho por ciento en donde existen drenes naturales representan los sectores con menor resistencia al escurrimiento y a consecuencia de esto tienen un mayor riesgo a la erosión de sus suelos, por lo tanto a mayor pendiente, mayor velocidad, mayor densidad de drenes, mayor concentración de agua y por ende un mayor escurrimiento ²⁰, pág. 87 - 103.

En el artículo científico titulado “Estimación del riesgo de erosión de la microcuenca del arroyo Los Nogales (La Caldera, Salta) mediante la aplicación de técnicas de evaluación multicriterio en un entorno de sistemas de información geográfica” se buscó estimar el desprendimiento y transporte del suelo por interacción de la litología, cobertura vegetal y desniveles del suelos. Este estudio utilizó las técnicas de la evaluación multicriterio (ECM) y herramientas de un Sistema de Información Geográfica (SIG). Usaron software como ArcGis v.10 Idrisi y TIGA, Isidri sirvió para procesar la imagen satelital del ResourceSat-1, con Taiga se generó la cartografía base y temática. El procedimiento que se siguió fue elaborar un modelo digital de elevaciones (DEM) de treinta metros de resolución. El mapa litológico fue elaborado en base a Sambonini; en función al comportamiento radiométrico de la vegetación se confeccionó el mapa de cobertura vegetal, utilizando el Índice de Vegetación Diferencial Normalizado. Los resultados obtenidos para el riesgo de erosión se muestran a continuación en la figura 06.

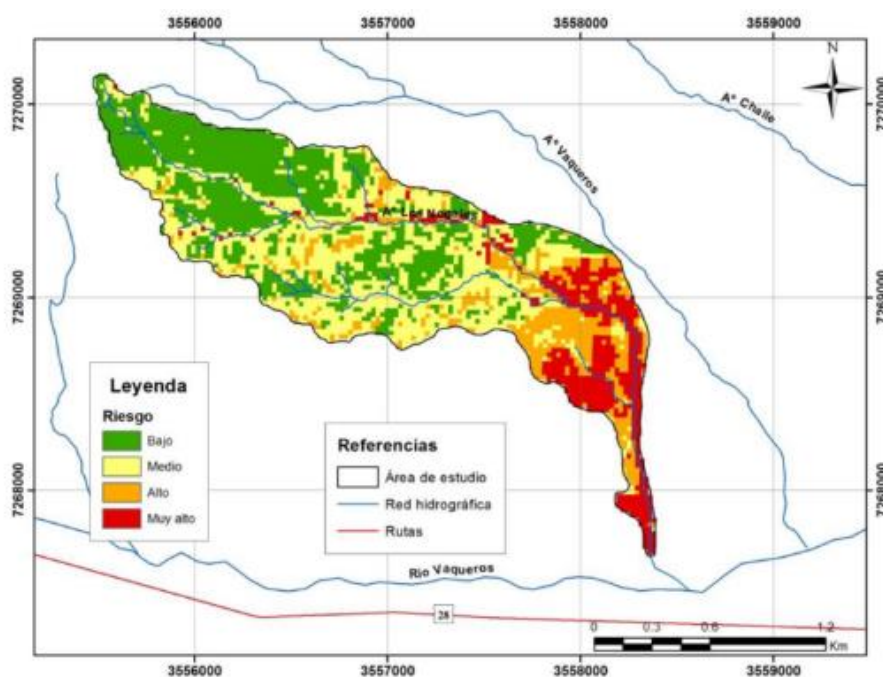


Figura 06. Niveles de riesgo al proceso de erosión, definidos a partir de la litología, cobertura vegetal y pendiente.

Fuente: Ignacia ²¹, pág. 179.

El riego alto representa el 28 % (0,64 km²), el riesgo medio el 37 % (0,81 km²) y el riego bajo el 35 % (0,78 km²) todo dentro de la cuenca. El autor concluye en que la zona de estudio de Los Nogales es un ambiente frágil para los procesos de tipo erosivo a consecuencia de los componentes de los sustratos litológicos que causan una baja resistencia a los procesos erosivos ya mencionados y por otro lado las pendientes también son causantes de esta erosión por la energía cinética que brindan a los materiales del suelo ^{21, pág. 163 - 182}.

2.1.2. Antecedentes encontrados en tesis

La tesis titulada “Metodología para la evaluación de la erosión hídrica con modelos informáticos. Aplicación del modelo GEOWEPP a dos pequeñas cuencas en Madrid” planteo como objetivo el elaborar y hacer una propuesta de un método para la selección de un modelo de evaluación de erosión del suelo cuya herramienta tome en cuenta la dimensión temporal y espacial para generar estrategias que conserven el suelo. El software empleado es el ArcView v.3.2 con el modelo denominado estimación de la erosión hídrica GEOWEPP y WEPP y para el tratamiento de precipitaciones se empleó el FLOWLINK v.3.2. El método propuesto para la selección de un modelo correcto fue el que se detalla en la figura 07.



Figura 07. Proceso empleado para elegir el modelo de erosión adecuado.

Fuente: De Regoyos ^{22, pág. 90}.

En la tesis titulada “Evaluación de la degradación de los suelos naturales de la isla de Tenerife” se tuvo como objetivo general el comprobar la validez de conceptos meramente teóricos, sobre los suelos naturales (no agrícolas) de la zona ya mencionada, cuyos procesos de degradación de suelos por las actividades humanas son alarmantes y ha sido catalogada de prioridad A en el Programa de Acción Nacional Contra la Desertificación (PAND). Para el trabajo se extrajeron muestras de suelos en base a sus características geológicas, la metodología empleada fue la del cálculo del módulo de un vector hipotético cuyas componentes son las intensidades de los distintos procesos de degradación una vez transformadas a una escala que permita compararlas. Las conclusiones a las que llegó el autor señalan que la cual más importante para la degradación de los suelos en esta área de estudio están relacionados con las variaciones que sufre la cubierta vegetal, desde las comunidades arbustivas crasas y climácicas hasta herbazales anuales o a su total desaparición por sellado del suelo ^{23, pág. 1 - 446}.

En la tesis titulada “Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Juramento - Salta” se señaló como objetivo principal la estimación de la erosión potencial actual en la zona ya mencionada y de esta manera contar con herramientas para la gestión y planificación ambiental a través de USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelos). Los datos empleados fueron de población, clima, fisiografía, hidrografía, vegetación, suelos y regiones agroeconómicas. La metodología empleada para procesar toda esta información fue la de USLE (Ecuación universal de Pérdida del Suelo) cuyos datos están basados en el factor R que representa la erosividad de las lluvias, K (que representa la erosividad del suelo, LS (que representa la topográfico), C (que representa cultivo y manejo) y P (que representa las prácticas de conservación de suelos agrícolas) finalmente estos dan como resultado el factor A (que representa la pérdida anual de suelos por unidad de superficie – ton/ha/año). Las etapas que siguió el estudio fueron las de recopilación de información, determinación de la erosión potencial, determinación de la erosión actual, determinación de la erosión actual mediante simulación bajo escenarios de usos alternativos teniendo en

cuenta solo áreas cultivables con pendientes de 5 % y determinación de la erosión potencial mediante simulación para eventos de máxima precipitación. Las conclusiones a las que se llegó fueron que al utilizar los parámetros pocos modificables por el hombre (R, K, LS) del modelo paramétrico USLE se permitió identificar áreas de alto riesgo de erosión hídrica potencial. Un 47 % de la superficie de la cuenca no presentaría problemas graves de erosión, al resto corresponden pérdidas significativas de suelo (mayor a 50 ton/ha/año). Incorporando el factor cobertura y uso del suelo para el análisis de la erosión actual, el 67 % de la superficie del área de estudio no presentó valores significativos de erosión hídrica, el resto de la cuenca indicó grados de erosión alta y muy alta. Las áreas más susceptibles fueron las ubicadas en pendientes superiores a 5 %. La consideración del factor cobertura vegetal, los valores de erosión disminuyen de manera generalizada en toda el área, aumentando las superficies correspondientes a clases nula a moderada y disminuyendo las áreas con erosión alta y muy alta. Ante situaciones de eventos climáticos máximos el mapa de erosión potencial indica que el 81 % del área de estudio presentaría problemas muy graves en este sentido se habla de erosión alta y muy alta, correspondiendo la mayor parte de esta clase a pendientes superiores al 15 % ^{24, pág. 1 - 103}.

En la tesis titulada “Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio ambientales de los andes ecuatorianos”, se tuvo como objetivo identificar la pérdida del suelo con el método de Stehlik para posteriormente elaborar el mapa de suelo que muestre la erosión en escala de 1:250000 y con ayuda de este generar estrategias para el manejo del recurso suelo desde un punto de vista social y ambiental. Se recolectó información tales como permeabilidad del suelo, datos de precipitación media, roca madre y su, materia orgánica, tipo de textura de suelo, pendiente y su longitud y uso del suelo. El método para procesar esta información fue la de Stehlik con ayuda del software ArcGIS v.10 donde toda la información de tipo vector se rasteriza para luego aplicar el álgebra de mapas que es una herramienta de ArcMAP. La conclusión a la que llegó en autor es que los

suelos más susceptibles están representados por un 25 % del total, los suelos medianamente susceptibles están representados por el 33% de la superficie y los suelos con menor susceptibilidad están representados por el 41% de área de estudio, estos suelos son de tipo agrícola y pérdida total se proyecta a unos 20 años y en los suelos susceptibles de manera media de 10 a 20 años ^{25, pág. 1 - 136}.

En la tesis titulada “Estimación de los riesgos y niveles de erosión hídrica en la microcuenca del río Negro, Chimaltenango” se planteó el objetivo de estimar los niveles de riesgo generados por la erosión hídrica en el área ya mencionada, la metodología empleada fue propuesta en un primer momento por Almorox y están son LEAM (Evaluación de la Erosión del Suelo) y USLE (Ecuación Universal de Pérdida de Suelo); se emplearon herramientas como SIG (Sistemas de Información Geográfica) y técnicas con sensores remotos; los software empleados fueron ArcGIS v.9.2, ArcView v.3.2, Erdas Imagine v.8.7 y ENVI v.3.6. La metodología de Almorox está basada en el índice de erosionabilidad del suelo resultante de los índices de textura del suelo , profundidad del suelo , capacidad de uso del suelo u erosión por pendiente; el índice de erosividad climática que nace del índice Fournier a partir de datos de estaciones climáticas finalmente la erosión potencial nace de la multiplicación de erosionabilidad y erosividad; adicionalmente a estos se suma la cobertura vegetal para dar como resultado la estimación de riesgo a la erosión del suelo. La metodología LEAM ha sido utilizada en países como Hawai, Mali y en el este de África el cual se basa en tres factores (longitud y gradiente de pendiente del suelo, riesgo de erosividad de la lluvia y erodabilidad del suelo). La metodología de USLE por otro lado conjuga los siguientes parámetros: $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$, donde: R (factor de erosividad de la lluvia), K (factor de erodabilidad del suelo), L (el factor longitud de pendiente), S (factor pendiente), C (factor de cultivo) y P (factor prácticas de cultivo). Los resultados midieron las áreas por km^2 y su respectivo porcentaje y en los índices de bajo, medio, alto, muy alto y áreas sin similitud. Finalmente se llegó a la siguiente conclusión que al aplicar la metodología Almorox el riesgo de erosión de erosión en un nivel medio está representado por el 47.3% del área de estudio esto

debido a la vegetación que protege el suelo, el riesgo muy alto y alto está representado por el 45.46 % de la zona estudiada localizado principalmente en la cuenca alta y media. Los resultados del método LEAM indican que el 43.54 % del área de estudio presenta una erosión muy alta localizados en cuenca alta y media, es necesario resaltar que este método no considera la cobertura vegetal y finalmente el método USLE el cual antes cambio los datos a valores cualitativos con el fin de ser comprado indica que el 55.44 % del área de estudio presenta valores de erosión de 16 ton/ha/año clasificándolo como en riesgo bajo de erosión y el 7.8 % del área de estudio presento un riesgo de erosión muy alto.²⁶
pág. 1 – 84

En la tesis titulada “Riesgo a la erosión hídrica y prácticas de manejo de suelos en la microcuenca La Concordia, Armadillo de los Infante, S.L.P.” se tuvo como objetivo el caracterizar los recursos de la microcuenca La Concordia, evaluar el riesgo producido por la erosión hídrica en dicha microcuenca y realizar propuestas de manejo de los recursos de la misma. Para tal fin empleo del método USLE (Ecuación Universal de la Pérdida de Suelo) $A = R \times K \times L \times S \times C \times P$, donde: R (factor de erosividad de la lluvia), K (factor de erodabilidad del suelo), L (el factor longitud de pendiente), S (factor pendiente), C (factor de cultivo) y P (factor prácticas de cultivo). Los resultados a los que llegó fueron que la microcuenca La Concordia de Armadillo de los Infante, S.L.P, está afrenta a graves problemas de erosión hídrica, siendo estos irreversibles en el corto plazo, en su mayoría se debe a la pérdida de cobertura vegetal y mal manejo del suelo. El tipo de erosión ligera abarca el 20.39 %, moderada el 28.07 %, alta el 29.49 % y muy alta el 29.49 %. Concluyendo en que La Concordia presenta un clima de subtipo semiseco – semicálido, teniendo muy marcado el temporal de lluvias lo cual favorece el proceso de erosión. Es por eso que se deben de realizar obras de conservación a través de prácticas vegetativas, agronómicas y mecánicas que permitan obtener el mayor provecho posible del agua proveniente de la parte alta de la microcuenca²⁷, pág. 1 - 96

En la tesis titulada “Aplicación del modelo USLE/RUSLE para estimar la pérdida de suelos por erosión hídrica en la microcuenca Puente Pérez - Tingo María” se tuvo como objetivo determinar los niveles de pérdida de suelo ocasionados por el proceso de erosión hídrica en el área de estudio ya mencionada usando los métodos USLE/RUSLE. Aplicando la metodología ya mencionada; para cuyo caso empleo el índice modificado de Fournier tal como se indica en la tabla 05. El autor concluye en que un 82 % de la zona estudiada tiene niveles erosionados de moderado a bajo y el 18 % de la zona estudiada tiene niveles erosionados altos con una adecuada aceptación, llegando en algunas áreas a niveles muy críticos ²⁸,
pág. 1 - 148

Tabla 05. *Índice Modificado de Fournier para la estación Tingo María y su aplicación metodológica.*

Año	E	F	M	A	M	Jun	Jul	A	S	O	N	D	Promedio Mensual	Pp Anual	$\sum pi^2$	Sumatoria pi^2/P
2004	304.4	298.1	420	180.6	137	86.9	237	73.6	196.8	303.3	466.1	340	253.7	3043.8	942016.2	279
2005	238.8	299.3	545.7	118.4	142.7	190	56.2	81.6	204.9	259.7	208.7	553.4	241.6	2899.4	983928.6	291.4
2006	286.6	533.7	397	227.7	119.6	137.1	88.8	138.9	235.4	423.6	521.3	626.7	315.5	3786.4	1561401	462.4
2007	617.2	323.6	494.5	347.8	214.5	15.8	191	108.6	136.2	304.3	314.3	565.1	302.7	3632.8	1474849	436.8
2008	501.9	608.4	400.5	232.6	130.4	117.8	265.6	54.2	166.3	339.7	138.7	373.1	277.4	3329.1	1242368.3	367.9
2009	490	405.6	307.1	301.9	340.6	169.5	184	150	177.6	111.8	406.9	522.8	297.3	3567.8	1274088.4	377.3
Prom/ Mes	406.5	411.5	427.5	243.2	180.8	119.5	170.4	101.1	186	290.4	342.7	496.9	Prom. Anual (P)	3376.5	Prom Anual	3376.5
															R Promedio	369.1

Fuente: Del Águila ²⁸, pág. 124

En la tesis titulada “Análisis empírico de soluciones fotogramétricas en estudios de erosión hídrica en laboratorio” se planteó como objetivo evaluar los resultados de la aplicación de la fotogrametría basada en el método Structure from Motion y aplicado por cuantificar la erosión hídrica del suelo en un laboratorio y con experimentos simulado de lluvia. En un primer momento se preparó la simulación de las lluvias y se fotografió el sedimento arrastrado en la escorrentía e infiltración, después se generó el modelo de elevación digital correspondiente a cada experimento,

posteriormente se compararon las nubes de puntos generados por láser y fotogrametría, se calculó la diferencia que existía en cada uno de estos sucesos y los sedimentos que mostraban. Los softwares empleados fueron Cloud Compare v.2.6.1, Agisoft Lens v.0.4.1, Leica Cyclone, AutoDesk 123DCatch, ESRI ArcMap v.10.1 y AgiSoft Photoscan Professional v.1.1.6. Los resultados mostraron que solo se necesita recolectar imágenes de la zona de estudio y los software se encargan de forma automática de todos los cálculos, obteniendo parámetros de la cámara mediante el proceso de fotogrametría creando una superficie de puntos de la superficie del objeto y posteriormente es llevado a un modelo 3D, el software PhotoScan tiene un margen de error de 0.2 mm en la elevación. El estudio concluyó que la fotogrametría con el método Structure from Motion presenta resultados favorables en estudios relacionados con la erosión hídrica dentro del laboratorio tomando como referencia los diversos modelos digitales de elevación, el software Photoscan es el que brinda un mejor resultado siendo este el más adecuado para trabajos fotogramétricos de este tipo además es más sencillo en su uso ^{29, pág. 1 - 248}.

2.1.3. Antecedentes encontrados en informes técnicos

En el informe técnico titulado “CORINE sobre el riesgo de erosión del suelo y los importantes recursos de tierras en las regiones meridionales de la Comunidad Europea” se tuvo por objetivo desarrollar la base metodológica necesaria para obtener datos del medio ambiente comparables a escala comunitaria. La metodología CORINE se muestra en la figura 08, donde se emplean datos de precipitación, temperatura, textura del suelo, profundidad, pedregosidad superficial y pendientes del suelo con los rangos y valoraciones tomando en consideración la clasificación SUCS para textura del suelo. Se consideraron también a las siguientes ecuaciones ^{30, pág. 1 - 58}:

- Índice de erodibilidad producto de las clases textura, profundidad y pedregosidad superficial.

- Índice de erosividad producto de las clases variabilidad y clase de aridez.
- Índice de riesgo potencial de erosión del suelo producto del índice de erodibilidad del suelo, índice de erosividad e índice de pendiente.
- Índice de erosión actual producto de Índice potencial de riesgo de erosión del suelo y Índice potencial de riesgo de erosión del suelo.

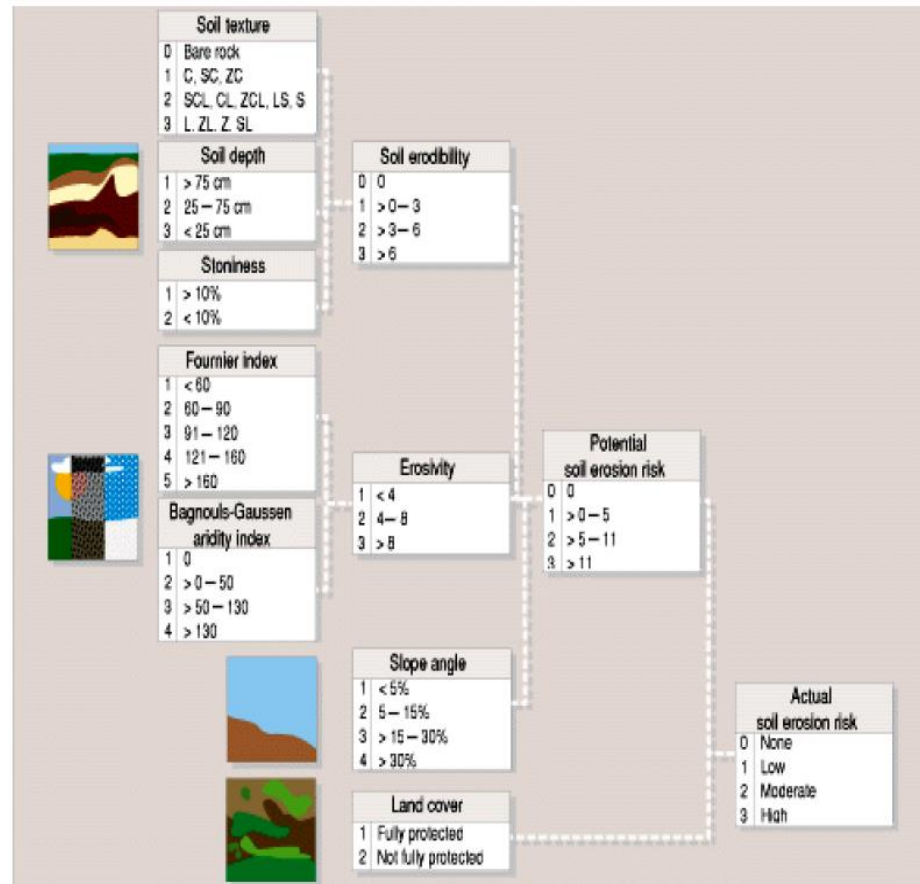


Figura 08. Método CORINE para la evaluación de la erosión del suelo.

Fuente: Agency European Environment ³⁰, pág. 34.

En el informe técnico de CIREN ³¹, pág. 1 - 145 tuvo como objetivo generar la cartografía que represente la erosión potencial del suelo actual a nivel semidetallado 1/50000 y/o generalizando a escala 1/250000 a lo largo del país de Chile, cubriendo un área de 74'076,723 hectáreas. Este trabajo se realizó en cuatro etapas: análisis preliminar, actualización y homogenización de base de dato, trabajo en terreno y análisis final. Para mayor detalle se muestra el diagrama metodológico en la figura 09.

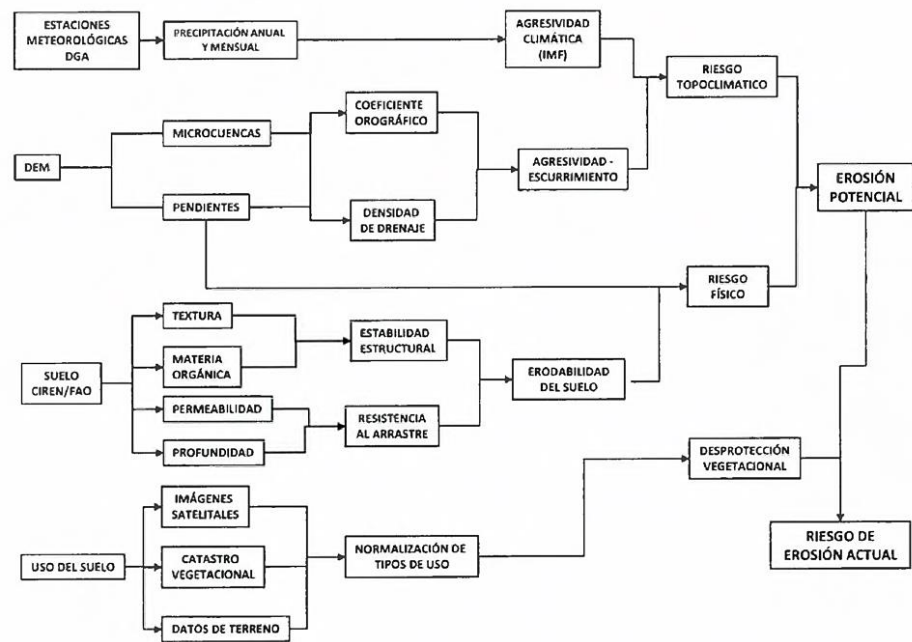


Figura 09. Esquema metodológico para alcanzar a determinar el riesgo de erosión potencial y actual.

Fuente: CIREN ³¹, pág. 9.

Los rangos o índices empleados fueron de (1 para nivel bajo, 2 para nivel medio, 3 para nivel alto y 4 para nivel muy alto). EL índice de desprotección actual del suelo que es el resultado de la cobertura vegetal actual obtenido mediante imágenes satelitales y el riesgo de erosión potencial al ser correlacionados definen el riesgo de erosión actual. Para el proceso de la información de este estudio se empleó el software SIG y archivos en formato shp. Finalmente, los resultados se expresan en términos de superficie como se muestra en la tabla 06 y que a nivel confiabilidad es representado por el 77.6 % obtenidos por el índice espectral de imágenes satelitales ³¹, pág. 1 - 145.

Tabla 06. Superficie de erosión que presenta en la actualidad en miles de hectáreas por cada región.

	SIN EROSIÓN	EROSIÓN LIGERA	EROSIÓN MODERADA	EROSIÓN SEVERA	EROSIÓN NO APARENTE	EROSIÓN NO APARENTE	OTRAS CATEGORÍAS	SUELO EROSIONADO	TOTAL REGIONAL
ARICA Y PARINACOTA	50.00	256.00	172.00	469.00	584.00	0.00	156.00	1480.00	1686.00
TARAPACA	63.00	1047.00	602.00	1153.00	838.00	0.00	522.00	3640.00	4226.00

ANTOFAGASTA	138.00	1371.00	3242.00	3593.00	2021.00	0.00	2237.00	10,227	12602.00
ATACAMA	178.00	825.00	537.00	2030.00	629.00	0.00	3367.00	4021.00	7567.00
COQUIMBO	210.00	572.00	1142.00	1214.00	492.00	26.00	404.00	3420.00	4060.00
VALAÍSAO	162.00	244.00	325.00	258.00	80.00	163.00	368.00	907.00	1600.00
METROPOLITANA	354.00	93.00	189.00	213.00	187.00	68.00	435.00	683.00	1541.00
O'HIGGINS	31.00	96.00	454.00	197.00	115.00	126.00	320.00	861.00	1638.00
MAULE	656.00	349.00	416.00	378.00	336.00	453.00	446.00	1479.00	3034.00
BIO BIO	840.00	393.00	429.00	212.00	149.00	1444.00	245.00	1183.00	3712.00
LA ARAUCANIA	1132.00	280.00	241.00	244.00	146.00	944.00	199.00	911.00	3186.00
LOS RÍOS	427.00	262.00	198.00	80.00	6.00	688.00	177.00	545.00	1837.00
LOS LAGOS	751.00	575.00	423.00	137.00	33.00	2143.00	770.00	1170.00	4834.00
AYSEN	235.00	895.00	743.00	383.00	583.00	4551.00	3407.00	2605.00	10797.00
MAGALLANES	1721.00	1123.00	1289.00	590.00	761.00	3090.00	4633.00	3763.00	13207.00
TOTAL GENERAL	7248.00	8382.00	10401.00	11152.00	6960.00	13695.00	17687.00	3,895.00	75526.00

Fuente: CIREN ³¹, pág. 40.

De estos datos se interpretó que el 49.1 % del área de estudio representado por 36.8 millones de hectáreas presentan signos de erosión. Finalmente se presentaron los mapas de cada región de Chile con sectores de erosión potencial sumando un total de 30 mapas ³¹, pág. 1 - 145.

En el informe técnico de SENAMHI ³², pág. 1 - 198 que fue titulado "Determinación de la disponibilidad hídrica presente y futura Subcuenca del río Shullcas" se buscó estipular la disponibilidad hídrica en el área ya mencionada y su relación existente con el cambio climático. El informe nos indica que la subcuenca del río Shullcas, se encuentra ubicada de manera política en los distritos de Huancayo, Chilca, Huancan y El Tambo, dentro de la provincia de Huancayo y departamento de Junín. El río Shullcas es uno de los afluentes del río Mantaro en su margen izquierda y limitado entre las coordenadas geográficas 11°52'13" a 12°07'00" de Latitud Sur y entre los meridianos 75°01'57" a 75°14'37" de Longitud Oeste. Los detalles tomados en el estudio fueron:

- El nivel que se empleó para este estudio semidetallado.
- La escala de trabajo fue de 1:100 000 o 1:50 000.

- La división política y unidad hidrográfica fue la unidad mínima que se empleó.
- Los sensores usados fueron ALOS (Advanced Land Observing Satélite) y Landsat.
- Los softwares utilizados son ENVI, ERDAS Imagine y ArcGIS.

En la figura 10 se observa los diversos relieves que tiene la subcuenca del río Shullcas, así como los afluentes de agua que originan al río Shullcas.

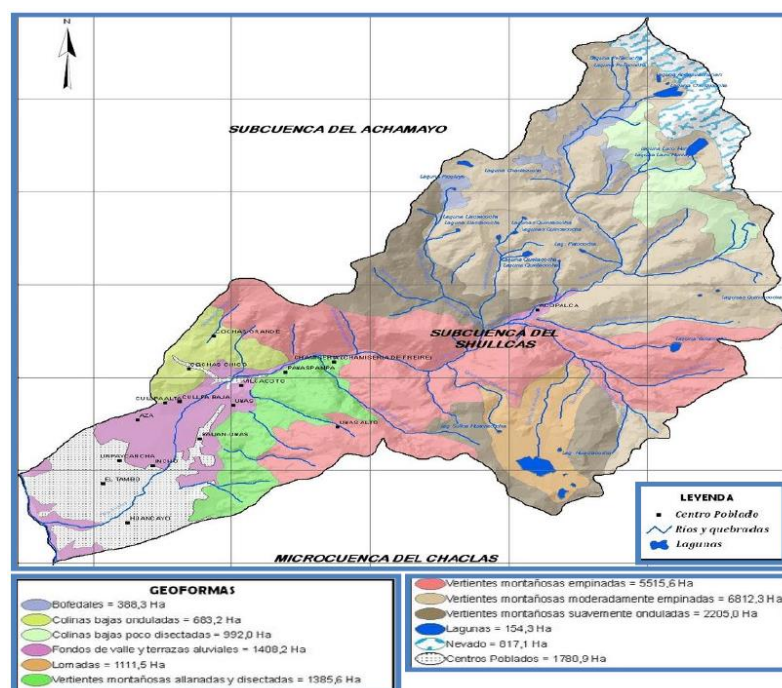


Figura 10. Relieve que presenta la de la sub cuenca del río Shullcas.

Fuente: SENAMHI 32, pág. 26 .

EL método que se empleó fue el análisis de la información es la multitemporal que permitió conocer y obtener los siguientes resultados: Para el periodo 2006 al 2008 un incremento en el área glaciara del 14.23 % utilizando un par de sensores. Para el periodo del año 2008 al 2010 se identificó una disminución del glaciar en un 24.95 % con los mismos sensores. Para el periodo del 2006 al 2010 se identificó otro descenso del glaciar de un 14.26 %. Finalmente concluyen en que las imágenes ALOS muestran una adecuada resolución espacial y que pueden ser aplicadas

en el campo de la hidrología, el método que se aplicó muestra resultados coherente durante la clasificación de imágenes y los índices de calor que representan al glaciar pueden ser delimitados a través de un filtro que representa la cubierta de hielo ^{32, pág. 1 - 198}.

Otro informe técnico presentado por SENAMHI ^{13, pág. 1 - 108} señala como objetivo caracterizar agroclimáticamente los cultivos tales como la papa y maíz amiláceo en la subcuenca del río Shullcas departamento de Junín. Para la elaboración del informe se realizó un análisis edáfico de la zona de estudio donde se identificaron las distintas unidades de suelo tales como suelo Sullca, Jallayoc, Cochas, Incho, Chullpa, Acopalca, Yanama y Sillipata como se muestra en la figura 11. Estos suelos comparten características generales tales como Material Parental, Pendiente en porcentaje, Profundidad efectiva del suelo en centímetros, textura del suelo, niveles de drenaje y fertilidad.

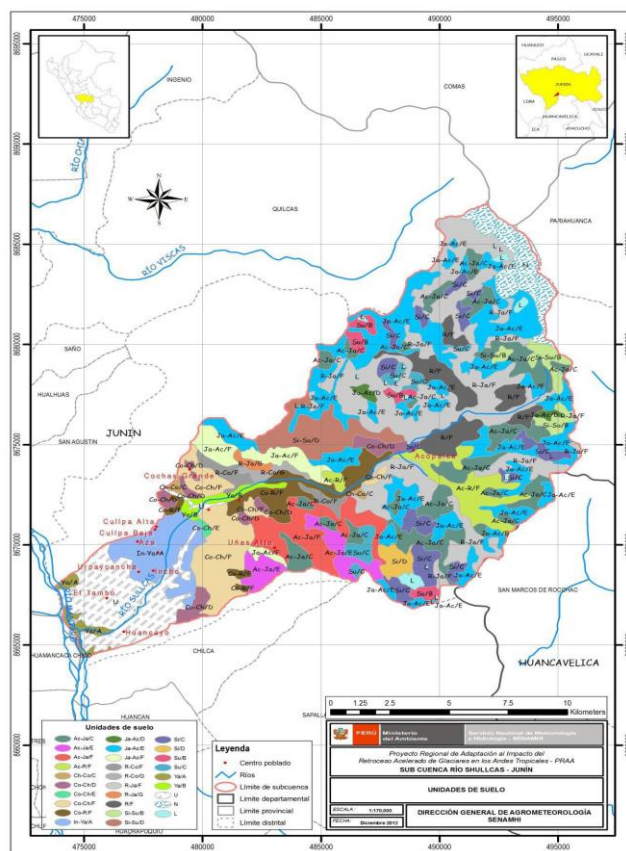


Figura 11. Unidades de suelo en la subcuenca del río Shullcas, Junín.

Fuente: SENAMHI ^{13, pág. 49}.

A su vez realizaron estudios de precipitación anual generando información cartográfica al respecto tal como se muestra en la figura 12.

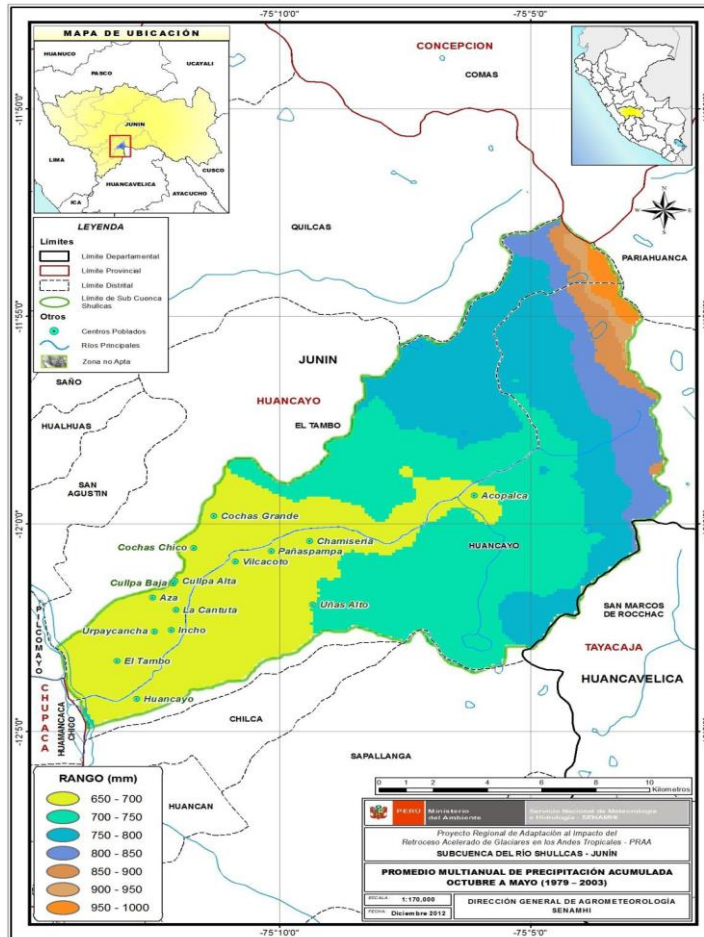


Figura 12. Niveles de precipitación en la subcuenca del río Shullcas, Junín.

Fuente: SENAMHI 13, pág. 73.

La aptitud agroclimática tuvo como punto de partida la definición de los umbrales edafoclimáticos para los cultivos priorizados y de esta manera ser evaluados, procesados de manera espacial para posteriormente ser superpuestos con la base de datos geográfica y finalmente ser inspeccionados en el área de trabajo con la ayuda de entrevistas a diversos profesionales con conocimiento sobre el tema que habitan en el lugar de estudio. Los resultados finales ayudan en la toma de decisiones de los usuarios finales quien a su vez cuenta con esta herramienta. Todas estas herramientas que pudieron ser proporcionas a través de este

estudio ayudan a tener un uso ordenado del territorio desde un punto de vista ecológico, social y ambiental, económico. Finalmente da como resultados las zonas aptas para el crecimiento y desarrollo adecuado de la papa blanca, papa nativa, papa amarga y maíz ^{13, pág. 1 - 108}.

En el informe técnico desarrollado por CATIE ^{33, pág. 32 - 63} que llevo por nombre “Diagnostico de la subcuenca del río Shullcas”, describe las siguientes unidades de suelo tal como se puede visualizar en la tabla 07 y la figura 13, donde nos menciona que el suelo Typic Ustifluvents - Typic Ustorthents muestra una textura del suelo franca arenosa y moderadamente profunda, Typic Ustorthents presenta una textura del suelo franco arcillo arenoso y profundo, Typic Cryofluvents - Typic Humicryepts presenta una textura del suelo franco limoso y profundo, Typic Ustorthents - Fluventic Haplustepts presenta una textura del suelo franca y profunda, Typic Ustorthents - Lithic Ustorthents, presenta una textura del suelo franco arcillo arenoso y profundo superficial, Typic Cryorthents - Lithic Cryorthents presenta una textura del suelo franco arenoso o arenosa y moderadamente profundo superficial, Lithic Haplocryands - AM presenta una textura del suelo franco arenoso y superficial con rocas, Lithic Ustorthents - AM (aflt) presenta una textura del suelo franco arenoso y superficial con rocas, Typic Cryohemists - Hydric Cryohemists presenta una textura del suelo limosa y profunda, Typic Cryorthents - Typic Humicryepts presenta una textura del suelo de franco arenoso a limoso y un nivel moderadamente profundo a un nivel profundo, Fluventic Haplustepts - Typic Ustorthents presenta una textura del suelo franca y profunda y Typic Ustorthents - Lithic Calcustepts presenta una textura del suelo de franco arcillo limoso y profundo superficial.

Tabla 07. *Taxonomía, unidades de suelo y su descripción en la subcuenca del río Shullcas.*

Unidades de suelo	Taxonomía	Superficie ha	Superficie %
Sicaya - Acobamba	Typic Ustifluvents - Typic Ustorthents.	29.87	0.15

Acomba	Typic Ustorthents	7.89	0.04
Ricrán - Huayhuay	Typic Cryofluvents - Typic Humicryepts	6.13	0.03
Acobamba - Runatullo	Typic Urstorthents - Lithic Ustorthents	254.28	1.28
Santa Rosa - Huaytapallana	Typic Cryorthents - Lithic Cryorthents	12656.13	63.73
Carhuapata - áreas misceláneas (AfLt)	Lithic Haplocryands - AM	408.10	2.05
Runatullo - AM (afit)	Lithic Ustorthents - AM (afit)	65.09	0.33
Laguna	Laguna	170.71	0.86
Bofedales - Histosoles	Typic Cryhemists - Hydric Cryhemists	1174.62	5.91
Santa Rosa - Huayhuay	Typic Cryorthents - Typic Humicryepts	1565.44	7.88
Áreas Misceláneas Glaciares	Áreas Misceláneas Glaciares	652.39	3.29
Área Urbana	Área Urbana	810.30	4.08
Andamarca - Acobamba	Fluventic Haplustepts - Typic Ustorthents	398.54	2.01
Acobamba - Canchayllo	Typic Ustorthents - Lithic Calcicusteps	1436.88	7.24
Total		19859.49	100

Fuente: CATIE ³³, pag. 62.

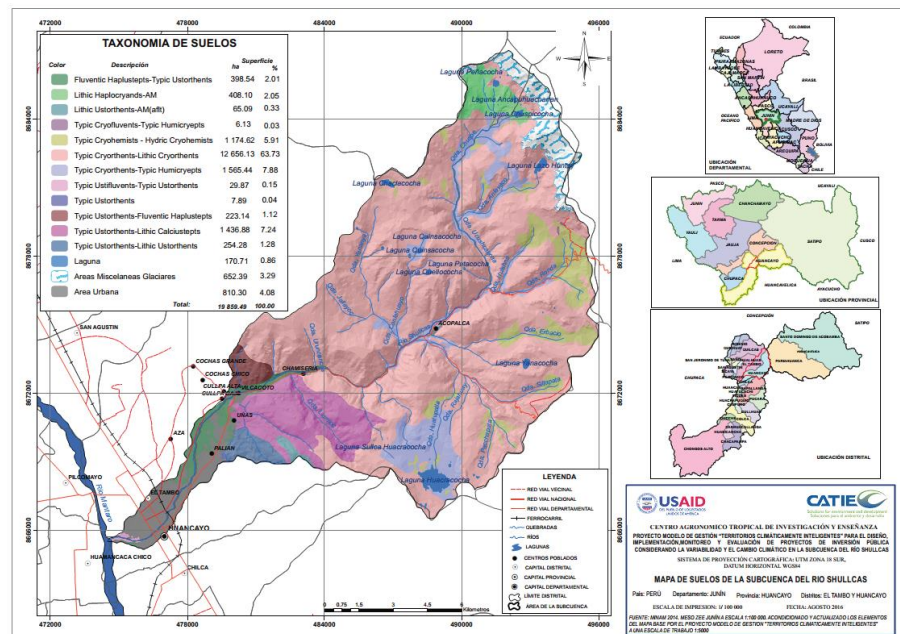


Figura 13. Unidades de suelo y taxonomía identificadas en la subcuenca del río Shullcas.

Fuente: CATIE ³³, pag. 63.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Fundamentos teóricos de la investigación

A. Precipitación total anual:

Para tener una distribución real de la precipitación total anual haría falta instalar una gran cantidad de pluviómetros dentro de un área de estudio los cual no sería económicamente y operacionalmente viable, motivo por el cual es necesario emplear observaciones dentro del área de estudio y sus alrededores. Por este motivo se debe trabajar con muestra reducidas y esta información debe ser aprovechada de la mejor manera posible ponderando sus valores^{34, pág. 103}.

De acuerdo a la guía practicas hidrológicas internacionales, el radio de influencia de una estación meteorológica para zonas montañosas es de 8.9 km y una densidad de 250 km²/estación^{35, pág. 2 - 3}.

Métodos de cálculo:

Se debe entender que la precipitación de un lugar específico es diferente a las de su alrededor a pesar de que estos sean adyacentes y para cálculos en la ingeniería es necesario determinar la precipitación media en una zona; para lo cual existen diversas metodologías tales como el método de polígonos de Thiessen, aritmético e isoyetas^{36, pág. 140}. El método a usar dependerá del tipo de estudio, se pueden usar los valores de la precipitación anual, mensual, diaria sobre un área determinada. La figura 14 presenta un resumen de los tres métodos más comunes. Para precipitaciones de tipo individual los cuales fueron generalizados de modelos matemáticos de lluvia caudal se debe asignar un peso a cada estación y este peso se puede obtener tomando el porcentaje de área de influencia de los polígonos de Thiessen^{37, pág. 31}.

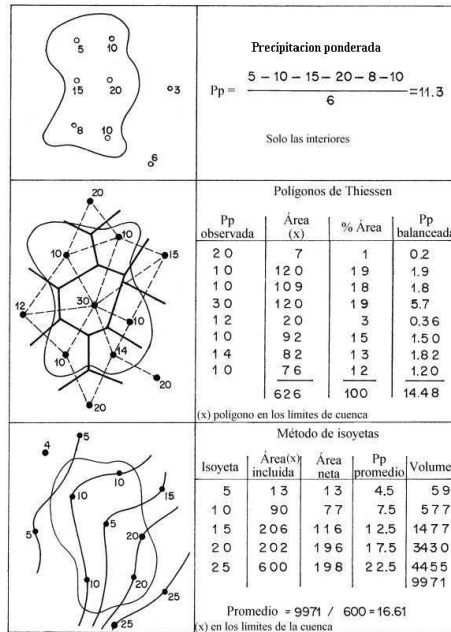


Figura 14. Métodos que posibilitan el cálculo de precipitación media en una cuenca.

Fuente: Fattorelli³⁷, pág. 32.

- a) Método aritmético: Aparicio³⁶ menciona que este método consiste en lo siguiente: calcular el promedio aritmético de las alturas de precipitación tomados de los datos en cada estación usada para el análisis:

$$\bar{h}_p = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n h_{pi}$$

“Dónde: h_p representa la precipitación media, h_{pi} representa la precipitación registrada en la estación i y n representa el número de estaciones”³⁶, pág. 140.

- b) Polígonos de Thiessen: según el autor Aparicio³⁶, este método consiste en lo siguiente:

1. Identificar las estaciones pluviométricas y unir estas mediante líneas como si representaran vértices con las estaciones más próximas como se muestra en la figura 15 mediante líneas discontinuas llegando así a formar triángulos

³⁶, pág. 141.

2. Se debe trazar líneas que bisecan los lados de los triángulos generados con anterioridad, esto se puede observar en la figura 15 mediante líneas continuas siguiendo los conocimientos básicos de geometría estas líneas si intersectaran dentro del triángulo ^{36, pág. 141}.
3. Si se siguió de manera correcta el paso 1 y 2 se podrá notar que cada estación estará rodeada por las líneas rectas y este polígono es denominado el polígono de Thiessen como se observa en la figura 15 esta área su vez es la que tiene como influencia cada estación ^{36, pág. 141}.

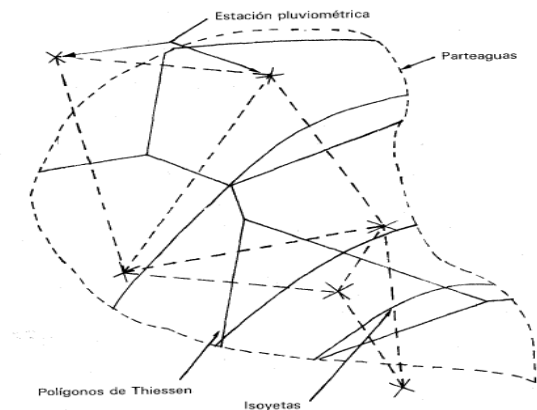


Figura 15. Ejemplo de polígono de Thiessen.

Fuente: Aparicio ^{36, pág. 141}.

4. Finalmente la precipitación media será el promedio de las precipitaciones con las que cuente cada estación, usando como peso las áreas de influencia que correspondan ^{36, pág. 141}.

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^n A_i h_{pi}$$

Dónde: A_i represente el área que influencia dicha estación i y A_T representara el área de la cuenca ^{36, pág. 141}. Breña a su vez nos indica que mediante triángulos con las estaciones ubicadas en los vértices de las estaciones más cercanas se define el área de

influencia. Acto seguido se trazaran líneas que bisecan cada vértice del triángulo y por geometría básica estas líneas se unirán en un único punto ³⁸ pág. 73.

- c) Método de isoyetas: Este método es muy laborioso y demanda el uso de más recursos materiales. Se deben tener datos de las mediciones de precipitación del rango de periodo de interés así como también la ubicación de cada una de las estaciones en un material cartográfico, también son necesarios conocimientos espaciales y de tipo atmosférico con el mayor detalle posible dentro de las áreas de interés. La homogeneidad de las isoyetas dependerá del si la zona es plana, si este no es el caso es necesario considerar otros factores tales como la topografía y los tipos de precipitación como se puede apreciar en la figura 16 ³⁹, pág. 36.

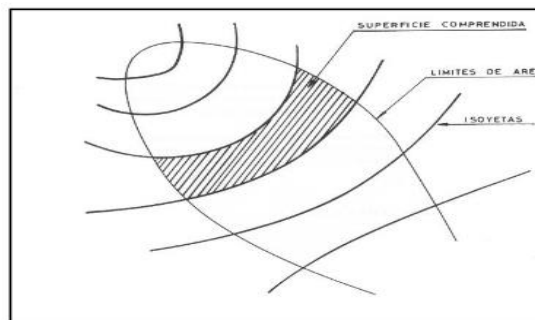


Figura 16. Mapa de isoyetas.

Fuente: Pizarro ³⁹, pág. 38.

Sin duda este método consiste en realizar trazos con la información proporcionada por las estaciones de interés, estas líneas unen puntos de igual valor de precipitaciones llamadas isoyetas las cuales presentan similitud con las curvas de nivel de una topografía. “La ecuación, pero ahora el peso es el área A_i entre cada dos isoyetas y el parteaguas de la cuenca y la cantidad que se pesa es la altura de precipitación promedio entre las dos isoyetas, h_{pi} ” ³⁶, pág. 144. (ver figura 17):

$$\bar{h}_p = \frac{1}{A_T} \sum_{i=1}^{n'} (\bar{h}_{p_i} A'_i)$$

Dónde: n' representa la cantidad de áreas A'_i tomadas en cuenta

36, pág. 142

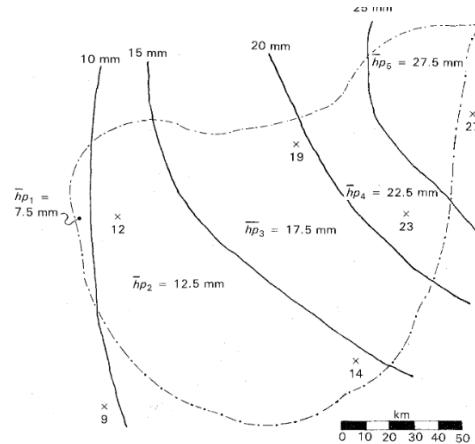


Figura 17. Ejemplo de trazo de isoyetas.

Fuente: Aparicio ³⁶, pág. 144

B. Erosión de suelos:

El proceso de erosión ocurre de forma espontánea en la naturaleza, por eso se habla de erosión normal, pero la intervención del hombre incrementa este proceso al producir una alteración en el equilibrio de la naturaleza del sistema, al realizar usos inadecuados de los suelos o utilizar prácticas de manejo que favorecen la erosión, tales como quema de praderas envejecidas. Agentes erosivos tales como la lluvia y el viento son considerados en los modelos para estimar la erosión potencial ⁴⁰, pág. 240.

Se entiende por erosión al desprendimiento y arrastre de partículas finas tales como arenas, limos y arcillas, y tiene relación con factores geológicos, geomorfológicos, antrópicos, hídricos o eólicos, estas partículas finas son desprendidas y arrastradas por la escorrentía del agua y de esta manera la erosión está comprendida en tres etapas las cuales son: desprendimiento, transporte y sedimentación ⁴¹, pág. 24.

La erosión del suelo dependerá de factores tales como la cubierta vegetal del suelo, la pendiente del suelo, la erodabilidad del suelo y la erosividad del suelo ^{42, pág. 45}.

a) Fases: existen tres fases en este proceso ^{40, pág. 239}:

- La pérdida de partículas del suelo a causa del impacto de las gotas de agua en la superficie desnuda del suelo, que pueden ser lanzadas a una distancia de varios centímetros, o por efecto de la fuerza que pueda llegar a producir el viento sobre el suelo, previamente desecada.
- Transporte de las partículas dispersadas por el agua o el viento hacia otro sitio, ya sea por arrastre o por saltación y suspensión en el caso del viento.
- Una vez reducida la energía del transporte, se alcanza la tercera fase, la de deposición de las partículas arrastradas o mantenidas en suspensión.

A continuación, se muestra un esquema con los mecanismos responsables de la erosión del suelo en la figura 18.

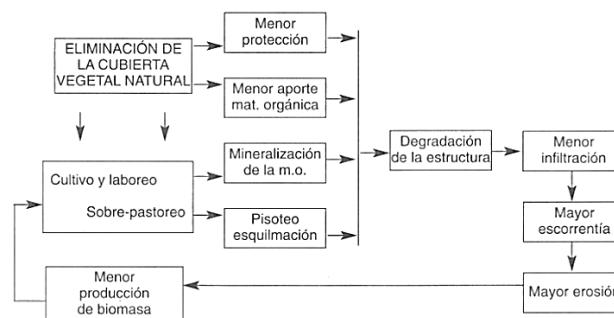


Figura 18. Mecanismos responsables de la erosión.

Fuente: Honorato ^{40, pág. 241}.

b) Agentes:

- La lluvia: Considera como un factor importante para el proceso de erosión cuya velocidad y volumen están

relacionados con la el tiempo que puede durar la lluvia y la intensidad que llega a alcanzar. Si bien es cierto la duración que pueda presentar una lluvia puede ser considerado un factor complementario. Al presentarse la precipitación muchas gotas de lluvia golpean la tierra aflojado las partículas del suelo, estas partículas pierden saltar hasta más de 60 centímetros de alto y más de 1.5 metros desde su lugar de origen. La el suelo no presenta una cobertura vegetal las gotas de lluvia pueden llegar a transportar muchas toneladas de suelo por hectárea a través de la escorrentía superficial ^{43, pág. 6}. La lluvia arrastra en su camino hacia el río un parte de la capa vegetal de los cerros. Mientras mayor sea la pendiente, mayor cantidad de tierra desaparece con cada aguacero ^{44, pág. 4}. No solo en los meses de con mayor precipitación se puede llegar a producir la erosión superficial, sino que también hay meses con bajas cantidades de precipitación que también producen erosión superficial del suelo por este motivo en los modelos para cálculos de erosión se emplea la precipitación media mensual y precipitación total anual ^{45, pág. 22 - 23}.

- La topografía: Representa un factor determinante en la erosión del suelo, ya que su longitud y ángulo de pendiente están muy relacionados con la erosión del suelo tal es así que un aumento en de la pendiente trae consigo el incremento de la velocidad del flujo y este aumentara haciendo que la energía cinética se incremente aumentando la erosión, de esta manera las pendientes con mayor longitud intensifican la escorrentía aumentando el volumen del agua y así causan una erosión más fuerte ^{43, pág. 5}.
- Materia orgánica: en todas sus diferentes formas, tiene efectos marcados en casi todas las propiedades del suelo, si esta disminuye la susceptibilidad a la erosión aumenta ^{46, pág. 117}. Diversos autores indican que los suelos que poseen una

cubierta vegetal tienen mayor cantidad de agregados y estos a su vez son más estables y grandes a diferencia de las zonas sin vegetación y que también muestran homogeneidad en sus características producto de la materia orgánica aportada por las ^{5, pág. 319}. La erosión zoógena es una situación en la que los animales destruyen el suelo cuando buscan alimento, se mueven o escavan sus escondites ^{47, pág. 41}.

- Textura del suelo: Existen suelos que al poseer grandes cantidades de sodio y tener una baja estabilidad en los agregados forman costras superficiales los cuales interrumpen el intercambio de fluidos entre la superficie y el suelo como es el caso de los suelos limos y arcillosos, cuando las gotas de las lluvias impactan sobre la superficie del suelo y ocasionan una dispersión de las partículas finas y destruye los agregados da paso a la formación de dichas costras y estas dan facilidad a la erosión del suelo así como generan problemas en la germinación y emergencia de plantas ^{48, pág. 100}.
- Uso de suelo: algunos cultivos tales como los hortícolas favorecen al proceso erosivo, ya sea para tener un mejor control fitosanitario como el caso de la cebolla que requiere que se elimine la cobertura vegetal dejando desprovista al suelo de su cobertura vegetal ^{41, pág. 112}.

c) Tipos:

- Erosión geológica o natural: se entiende por erosión geológica o natural al desgaste de rocas y sedimentos provenientes de la fractura de rocas por factores tales como la energía proveniente de la radiación solar, tensiones gravitacionales, la inercia rotacional del planeta tierra,

viento, lluvia y los procesos fluviales marítimos. Estos procesos son lentos e imperceptibles ^{41, pág. 107}.

- Erosión hídrica: se distinguen los procesos de erosión del suelo producto de la salpicadura, erosión laminar, erosión por arroyaderos, cárcavas y barrancos, y por sufosión y movimientos en masa:
 - Erosión por salpicadura: Su origen se debe al impacto de una gota de agua sobre el suelo desnudo, en ese instante se producen pequeñas depresiones en forma de cráter liberando partículas y esto a su vez produce un sello en el suelo disminuyendo el nivel de infiltración ^{49, pág. 673}. El desprendimiento que llega a producir la lluvia en estos casos desestabiliza el suelo, generando sellos superficiales y costras repercutiendo todo esto principalmente en la infiltración. El desprendimiento por esorrentía comienza cuando las fuerzas de tracción del agua superan la resistencia al corte del suelo ^{50, pág. 67}.
 - Erosión laminar: Se da por la pérdida de capa del suelo de una manera relativamente uniforme, esto en terrenos inclinados el cual afecta a las partículas de agua por salpicadura. La forma más clara de identificación es a través de los elementos gruesos que aparecen muy limpios en ocasiones también se pueden con arroyadas pequeñas que desaparecen con el laboreo posterior del suelo ^{49, pág. 673}.
 - Erosión por arroyadero, barrancos y cárcavas: Un terreno que presenta irregularidad y un caudal abundante producen que un flujo laminar pase concentrado, en el momento en el que la fuerza del agua supera la resistencia del suelo se va formando un canal y su crecimiento es veloz y va aumentando aguas abajo debido a la velocidad del flujo, sumado a esto la longitud que pueda tener la ladera incrementan este proceso así como la inclinación de la pendiente. Los

Arroyaderos, barrancos y cárcavas pueden llegar a mostrar los tres grados que llega al alcanzar un mismo proceso sin que se puede notar una diferenciación marcada entre ellos. Las arroyadas por su lado presentan dimensión centimétrica y pueden desaparecer con la labranza. Las cárcavas por su lado pueden llegar a métricas y no es posible que se eliminé con el laboreo ordinario. Los barrancos llegan a tener varios metros en forma de incisiones.^{49, pág. 673}. El grado de erosión en cárcavas está vinculado a factores tales como la velocidad que pueda alcanzar el fluido, la superficie que recorre el fluido, el tipo de material que presenta el suelo y subsuelo, de la pendiente del terreno y la forma que la sección pueda llegar a tener^{50, pág. 70}.

- Sufosión: Este tipo de erosión producida por el flujo superficial. En este caso los roedores pueden producir galerías en el suelo, lo cual favorece la circulación subterránea del agua y en consecuencia el arrastre de partículas y los orificios se van agrandando. En muchas parcelas pueden llegar a ser muy perjudicial ya que pueden provocar hundimientos^{49, pág. 674}.
- Erosión por movimientos en masa: Este tipo de erosión hace referencia al desplazamiento de volúmenes grande de material debido al tipo de suelo, contenido de humedad y pendiente, estos movimiento de masa se dan generalmente en suelos que se encuentran sobre material con mucha impermeabilidad como es el caso de las rocas graníticas y bajo pendientes muy pronunciadas. Cuando se dan las condiciones ya mencionadas el suelo fluye sobre la roca por la lubricación entre las capas suelo y roca, por un bajo nivel de resistencia cortante y incremento del peso^{50, pág. 71}.
- Erosión antrópica: causada por los seres humanos en su afán por suplir alimentos y materias primas para

diversos procesos de la industria, los efectos directos son la pérdida de la capa superficial del suelo, juntos con sus condiciones de fertilidad ^{41, pág. 108}. El ritmo de erosión del suelo también crece cuando se eliminan bosques, porque la superficie queda desprotegida, a su vez la tierra se compacta más rápido y se vuelve menos absorbente, reduciendo la infiltración del agua, como resultado el paso del agua sin contención tiende a aumentar y la erosión en zanjas se vuelve muy común ^{51, pág. 129}.

- Erosión eólica: se presenta generalmente en zonas o regiones con un régimen pluvial estacionalmente seco y está sujeta a la acción de vientos fuertes con velocidades promedio de 20 km/h y los mecanismos de acción son: por suspensión cuando las partículas menores de 0.1 milímetros de diámetro permanecen en la atmósfera y sedimentan en otras zonas; por saltación en partículas de 0.1 a 0.5 milímetros de diámetro y ocurre en tramos cortos y por desplazamiento paulatino en partículas de 0.5 a 2.0 milímetros de diámetro, estas se mueven lentamente a través del suelo. Estos mecanismos se dan generalmente en forma simultánea ^{41, pág. 109}.

2.2.2. Fundamentos metodológicos de la investigación

- A. Estimación del riesgo de erosión potencial: Se pueden clasificar en modelos de tipo cualitativo y cuantitativo, en el primero se basa en el uso de unidades cartográficas que guardan relación de ciertos parámetros tales como la topografía, vegetación, usos del suelo y entre otros dependiendo de la necesidad. Los modelos cuantitativos por su parte brindan una medición de la cantidad de suelo erosionado, sedimentos en el agua, se simulan las lluvias y estos datos son extrapolados en zonas homogéneas. Los modelos que son de tipo indirecto brindan una representación simplificada de la

realidad y entre ellos pueden destacar las modelos físicos, estadísticos y modelos paramétricos ^{52, pág. 7 - 8}.

El nivel de la estimación definirá además su carácter cualitativo o cuantitativo. Para esquematizar el abanico de alternativas disponibles para el estudio de la erosión hídrica se ha establecido una clasificación presentada en la figura 19 ^{14, pág. 61 - 62}.

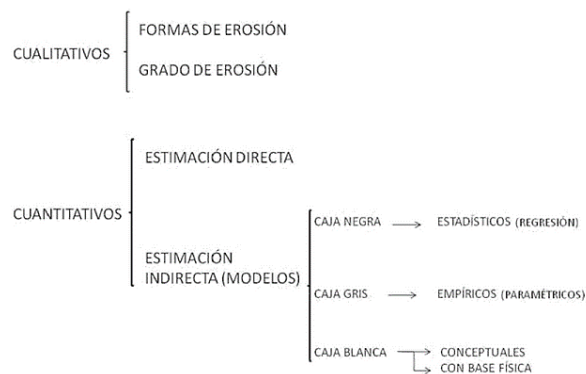


Figura 19. Métodos - modelos de estimación de la erosión hídrica.

Fuente: Almorox ^{14, pág. 62}.

La estimación cualitativa se basa en La definición de unidades homogéneas a través de la cartografía y está basado en los factores que dan origen al proceso de erosión. La estimación cuantitativa en cambio permitirá la estimación numérica del proceso erosivo. Se podrá definir con estimación directa en el terreno o a partir de ensayos, así como a través de medida de propiedades que presente el suelo. En el marco de la estimación indirecta (o modelos), se dispondrá de formulaciones con base física que explicitan los procesos mediante ecuaciones que tienen en cuenta las leyes físicas que gobiernan la generación, de modelos conceptuales que se basan en general en la representación de la cuenca vertiente y sus procesos de almacenamiento de sedimentos. Se debe destacar que el límite entre los distintos tipos de estimaciones de erosión hídrica no es nítido, sobre todo en los modelos, y por tal motivo en muchas formulaciones se combinan distintas opciones ^{14, pág. 63}.

- a) Método de Alarcón y Gayoso: Con este método se puede determinar el nivel fragilidad para que un suelo forestal presente degradación. Sigue un proceso de tipo interpretativo de fácil aplicación y comprende riesgo a deslizamientos, compactación y remoción que pueda presentar el suelo, tiene como base el conocimiento del Ministerio de Bosques de British Columbia de Canadá, este método también permite clasificar el nivel de riesgo de manera total en etapas. El análisis multicriterio es utilizado para identificar y dar una valoración a los índices, los cuales dan como producto el riesgo a compactación, remoción por madereo, erosión o deslizamiento (ver tabla 08 y 09) ^{53, pág. 23}.

Tabla 08. *Índices numéricos.*

Riesgo de degradación	Índice	Significancia
Deslizamiento (Id)	$S^{0.50} p^{0.10} h^{0.10} r^{0.30}$	s: pendiente del terreno.
Erosión (Ie)	$S^{0.45} p^{0.10} t^{0.35} r^{0.10}$	p: profundidad del suelo h: drenaje interno del suelo
Remoción por Madereo (Ir)	$R^{0.40} t^{0.20} d^{0.40}$	r: precipitaciones t: textura del suelo
Compactación (Ic)	$P^{0.10} t^{0.40} r^{0.10} d^{0.40}$	d: densidad del suelo

Fuente: Gayoso ^{53, pág. 23}.

Tabla 09. *Valores asignados a cada variable.*

Pendiente en (%)				
0-5	5 - 15	15 - 30	30 - 45	>45
1.00	2.50	5.00	7.50	10.00
Textura que presenta el suelo				
Fragmentos de Roca	Ripios y Arenas Gruesas	Arenas Finas	Limos y Arcillas de Alta Plasticidad	Limos y arcillas de Baja Plasticidad
1.00	2.50	5.00	7.50	10.00
Profundidad del Perfil en (cm)				
>90.00	90.00 – 60.00	60.00 – 45.00	45.00 – 30.00	<30.00
1.00	2.50	5.00	7.50	10.00
Precipitación en (mm/año)				
<600.0	600.0- 1200.0	1200.0 – 1800.0	1800.0 – 2400.0	>2400.0
1.00	2.50	5.00	7.50	10.00

Fuente: Gayoso ^{53, pág. 23}.

La metodología contempla diferentes tipos de prácticas de manejo forestal así como modificaciones que puedan sufrir los niveles de fragilidad ante condiciones especiales en el área de trabajo. “Para obtener el valor de fragilidad corregida, corresponde aplicar de manera individual a cada nivel de riesgo un conjunto de modificadores, sumando o descontando categorías o grados en la escala de significado” (ver tabla 10) ⁵³,
pág. 23

Tabla 10. *Modificadores de riesgo potencial.*

Grupo	Clases a mover	Modificadores de Riesgo Potencial
1	Sube una	Origen Granítico Meteorizado
2	Baja una	Corta Selectiva u Ordenamiento de desechos en fajas o Franjas Infiltración
3	Baja una	Materia Orgánica >15%
4	Sube una	Quema de Desechos
5	Baja una	Empleo de Torres
6	Clase Muy Alta, Sin modificación	Evidencia de Cárcavas

Fuente: Gayoso ⁵³, pag. 64

Si es el caso se puede seleccionar uno de los modificadores o trabajarlos de forma agrupada. Con el fin de hacer más simple el determinar el valor del índice y hacerlo de forma analítica en función del terreno el autor desarrollo pautas en base a la observación y que esta puedan adoptar un valor ⁵³, pag. 24

- b) Método CORINE: el programa CORINE (Ordenación de la Información sobre la Coordinación) promovido por la DG XI de la Comunidad Europea "Medio Ambiente, Protección del Consumidor y Seguridad Nuclear" es la continuación del programa anterior "Cartografía Ecológica de la Comunidad Europea". Su principal objetivo era recopilar, tratar y gestionar los datos medioambientales que se utilizarían principalmente

para la definición de problemas ambientales pertinentes: inventores de biótopos, calidad de la tierra, lluvias ácidas, erosión del suelo, contaminación del agua y contaminación atmosférica. La metodología y los aspectos técnicos del proyecto se extraen principalmente de las publicaciones de Giordano et al. y EC-DG-XI ⁵⁴, pág. 145. La figura 20 muestra el esquema que sigue el método CORINE de una manera integral.

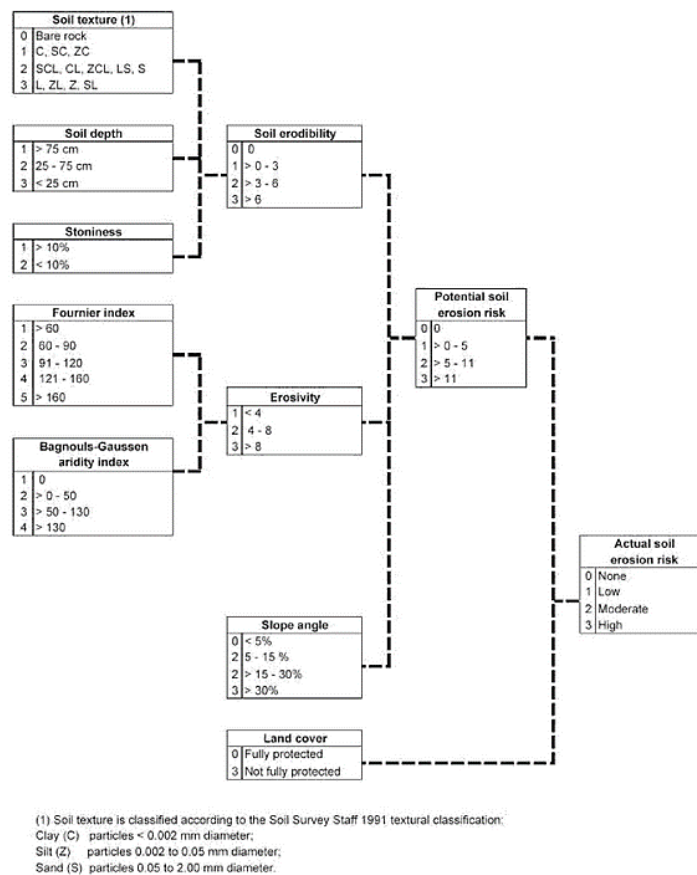


Figura 20. Metodología CORINE para la evaluación de la erosión del suelo.

Fuente: Willy ⁵⁴, pág. 146.

La metodología CORINE nos sugiere usar valores que guarden relación a la intensidad de la erosividad, su comportamiento y los niveles de precipitación, así como también la temperatura media, a la erodabilidad que es resultado de la pedregosidad superficial del suelo, textura, la profundidad efectiva y topografía a partir de las pendientes ⁵⁵, pág. 16.

- Índice de riesgo de erosión potencial: El Índice de riesgo de erosión potencial es el producto de los índices de erodabilidad, erosividad y pendiente del terreno. Estos índices se clasifican en bajo con un rango de 0 a 5, moderado con un rango entre un valor mayor a 5 hasta 11 y alto para valores mayores a 11 (ver tabla 11) ^{55, pág. 16}.

Tabla 11. *Índices numéricos para los índices de riesgo de erosión potencial del suelo.*

Rango	Índice numérico	Descripción
0	0	Nulo
>0-5	1	Bajo
>5-11	2	Moderado
>11	3	Alto

Fuente: Almorox ^{14, pág. 74}.

- Erosividad: se asocia con la capacidad potencial del agua para producir erosión a causa del poder de desprendimiento que genera la lluvia en el suelo y en parte a la escorrentía generada por la lluvia (ver tabla 12). Este índice es el producto de la Clase de Variabilidad y la Clase de aridez ^{56, pág. 48}.

Tabla 12. *Índices numéricos para clase de erosividad.*

Rango	Índice numérico	Descripción
<4	1	Bajo
4-8	2	Moderado
>8	3	Alto

Fuente: Almorox ^{14, pág. 77}.

Para determinar la clase variabilidad es necesario primero calcular el índice de Fournier modificado el cual representa al índice climático y su agresividad el cual se calcula con la siguiente expresión ^{14, pág. 76}.

$$FI = \sum_{i=1}^{12} \frac{P_i^2}{\bar{P}} \text{ Donde.}$$

P_i^2 : Precipitación total en el mes i.

\bar{P} : Precipitación total media anual.

Muy bajo representa valores menores a 60, bajo representa valores entre 60 y 90, moderado representa valores entre 91 y 120, alto representa valores entre 121 y 160 y muy alto representa valores mayores a 160 (ver tabla 13) ^{55, pág. 16}.

Tabla 13. *Índices numéricos para clase de variabilidad.*

Rango	Índice numérico	Descripción
< 60	1	Muy bajo
60 - 90	2	Bajo
91 - 120	3	Moderado
121 - 160	4	Alto
> 160	5	Muy alto

Fuente: Almorox ^{14, pág. 76}.

En consecuencia, para reforzar la evaluación de la erosividad, se incluyó un segundo índice climático: el índice de aridez de Bagnouls-Gaussen (BGI). Para su cálculo se hace uso de valores como la precipitación y temperatura los cuales representan el balance de humedad ¹⁴:

$$BGI = \sum_{i=1}^{12} (2t_i - P_i) \cdot k_i$$

Dónde: T_i es la temperatura media para el mes i; P_i es la precipitación total para el mes i; K_i , representa la proporción del mes en que $2t_i - P_i > 0$. Se clasifican como clase 1 (húmedo con rango 0), clase 2 (poco húmedo con rango >0-50), clase 3 (seco con rango >50 a 130) y clase 4 (muy seco >130) (ver tabla 14).

Tabla 14. *Índices numéricos para clase de aridez.*

Rango	Índice numérico	Descripción
0	1	Húmedo
>0-50	2	Poco Húmedo
>50-130	3	Seco
>130	4	Muy seco

Fuente: Almorox ^{14, pág. 77}.

- Erodabilidad: es la facilidad con la que el suelo se desprende y se transporta por el proceso erosivo (ver tabla 15) el índice de Erodabilidad es producto de las clases de textura, profundidad efectiva y pedregosidad superficial ^{56, pág. 48}.

Tabla 15. *Índices numéricos para clase de erodabilidad.*

Rango	Índice numérico	Descripción
0	0	Nulo
>0-3	1	Bajo
>3-6	2	Moderado
>6	3	Alto

Fuente: Almorox ^{14, pág. 76}.

La clase textura presenta los valores de no erosionable que representa a la roca desnuda, ligeramente erosionable que representa a los suelos (arcilloso limoso, arcilloso arenoso y arcilloso), moderadamente erosionable que representa a los suelos (arenoso, franco arenoso, franco arcilloso limoso, franco arcilloso y franco arcilloso arenoso) y altamente erosionables que representa a los suelos (franco arenoso, limoso y franco limoso) (ver tabla 16, 17 y figura 21). ^{14, pág. 75}.

Tabla 16. *Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USDA).*

Símbolo	G	S	Z	C	L	O
Definición	Grava	Arena	Limo	Arcilla	Franco	Orgánico

Fuente: Almorox ^{14, pág. 75}.

Tabla 17. *Índices numéricos empelados para la textura según sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS).*

Rango	Índice numérico	Descripción
Roca desnuda	0	No erosionable
C, SC, ZC	1	Ligeramente erosionable
SCL, CL, ZCL, LS, S	2	Moderadamente erosionable
L, ZL, Z, SL	3	Altamente erosionable

Fuente: Almorox ¹⁴, pag. 75 .

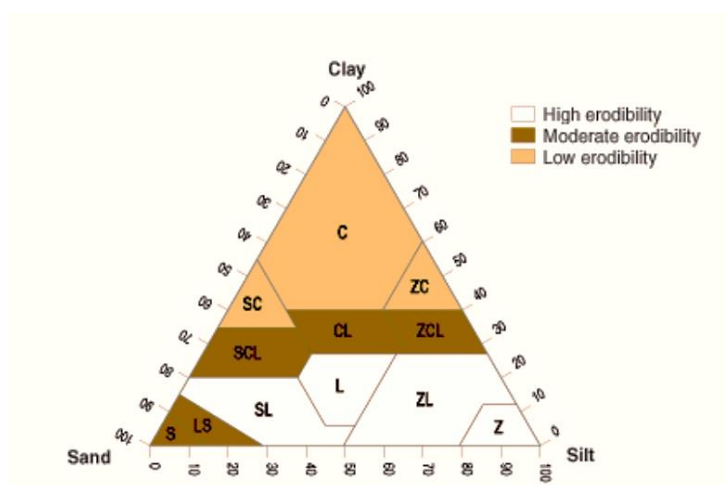


Figura 21. Triángulo de clase textural del suelo.

Fuente: Almorox ¹⁴, pág. 75 .

La clase de profundidad efectiva está representada por ligeramente erosionable que está en el rango de mayores a 75 centímetros, moderadamente erosionable que está en el rango de 25 a 75 centímetros y altamente erosionable que está en el rango de menor a 25 centímetros (ver tabla 18) ¹⁴, pág. 75 .

Tabla 18. *Índices numéricos para la profundidad efectiva.*

Rango	Índice numérico	Descripción
>75 cm	1	Ligeramente erosionable
25-75 cm	2	Moderadamente erosionable
< 25 cm	3	Altamente erosionable

Fuente: Almorox ¹⁴, pag. 75 .

La clase de pedregosidad superficial está representada por completamente protegido con una cobertura de piedras del suelo mayor a 10% y no totalmente protegido con una cobertura de piedras del suelo menor a 10% (ver tabla 19)

55, pág. 16

Tabla 19. *Índices numéricos para pedregosidad superficial.*

Rango	Índice numérico	Descripción
>10%	1	Completamente protegido
<10%	2	No totalmente protegido

Fuente: Almorox ^{14, pág. 75}.

- Topografía: para este caso hay que determinar el índice de la pendiente y está esta expresada en porcentaje ^{55, pág. 16}. Esto valores están representados por de ondulado plano con valores menores a 5%, ondulado con valores entre 5 y 15%, empinado con valores entre mayores a 15 hasta 30% y muy empinado con valores mayores a 30% (ver tabla 20).

Tabla 20. *Índices numéricos para pendientes.*

Rango	Índice numérico	Descripción
<5%	1	De ondulado a plano
5-15%	2	Ondulado
>15-30%	3	Empinado
>30%	4	Muy empinado

Fuente: Almorox ^{14, pag. 78}.

- B. Sistemas de Información Geográfica (SIG): el objetivo principal del SIG es analizar y brindar la información de la cual se tiene referencia espacialmente y estos tipos de trabajo son realizados básicamente con los mapas ⁵⁷. De manera general la información espacial que se trabaja se representa en forma de capas que también son llamadas layers en las cuales se puede describir infraestructuras tales como vías férreas, sistema de electricidad, carreteras, sistemas

de comunicaciones entre otros, también se describe la topografía, las zonas pobladas, tipos de suelo, propiedad de las tierras, límites administrativos tal como se puede apreciar en las figuras 22 y 23 ⁵⁸, pág. 34.

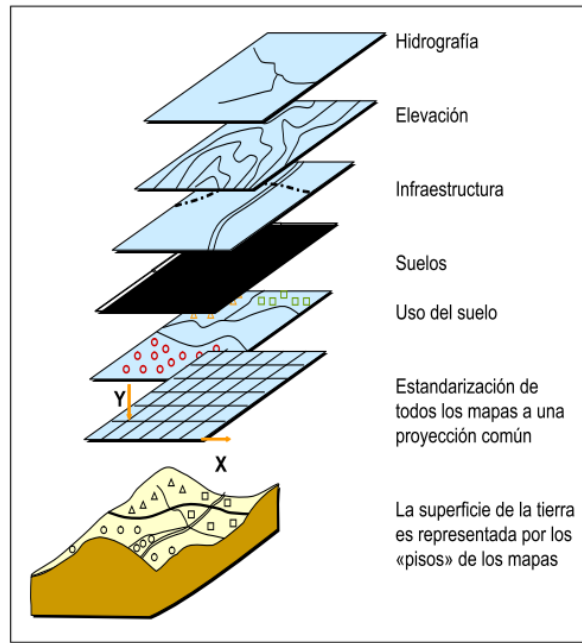


Figura 22. Capas o layer.

Fuente: Meza ⁵⁸, pág. 35.

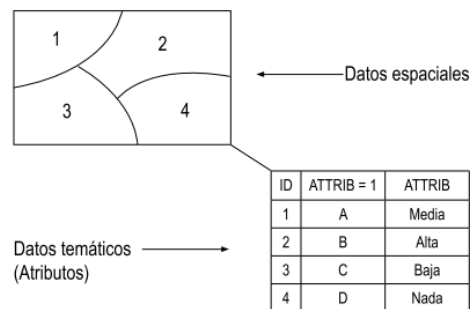


Figura 23. Atributos de capas.

Fuente: Meza ⁵⁸, pág. 35.

a) Modelamiento: Para dar paso al modelamiento se emplean las funciones SIG bajo un procedimiento lógico de tal modo que se posible la resolver problemas espaciales muy complejos ⁵⁸, pág. 36. y este proceso es como se muestra a continuación:

- Generalización cartográfica: En este caso se busca hacer menos complejo el modelo final para lo cual se generaliza las características de una presentación cartográfica o mapa ^{58, pág. 36}.
- Análisis espacial: En esta etapa se hacen cálculos simples de las entidades graficas como volúmenes, áreas, perímetros y longitudes de líneas hasta cálculos más complejos como análisis digitales de terreno, intersectar polígonos y análisis de redes de conducción ^{58, pág. 36}.

Las operaciones de uso más frecuente son intersección de mapas, fusión de mapas, conectar elementos de una geografía a otra, caracterizar elementos de un área de estudio, reclasificación de valores de un mapa y operaciones sobre el mapa usando expresiones matemáticas. ^{58, pág. 36}.

b) Herramientas de análisis y generalización:

Consiste en agrupar información que presente características similares previamente identificadas. SU importancia radica en la definición de los patrones y una función importante del SIG es poder identificar dichos patrones tal como se muestra en la figura 24 ^{58, pág. 36}.

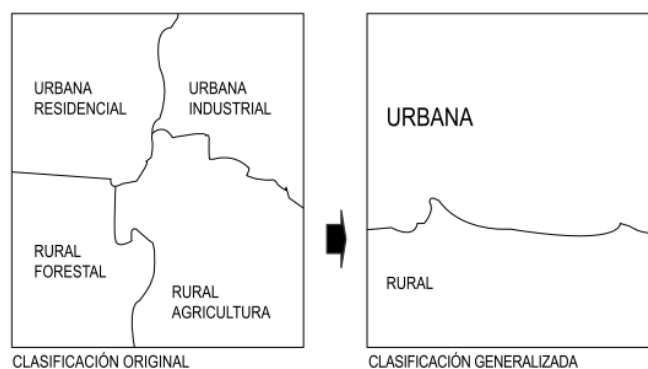


Figura 24. Agrupamiento de información.

Fuente: Meza ^{58, pág. 36}.

- c) Tipos de mapas: Dependiendo del tipo de trabajo, el tipo de metodología empleada y las escalas del mapa que se necesiten, se pueden realizar los siguientes tipos de mapas tal como se muestran en la tabla 21.

Tabla 21. *Tipos de mapas.*

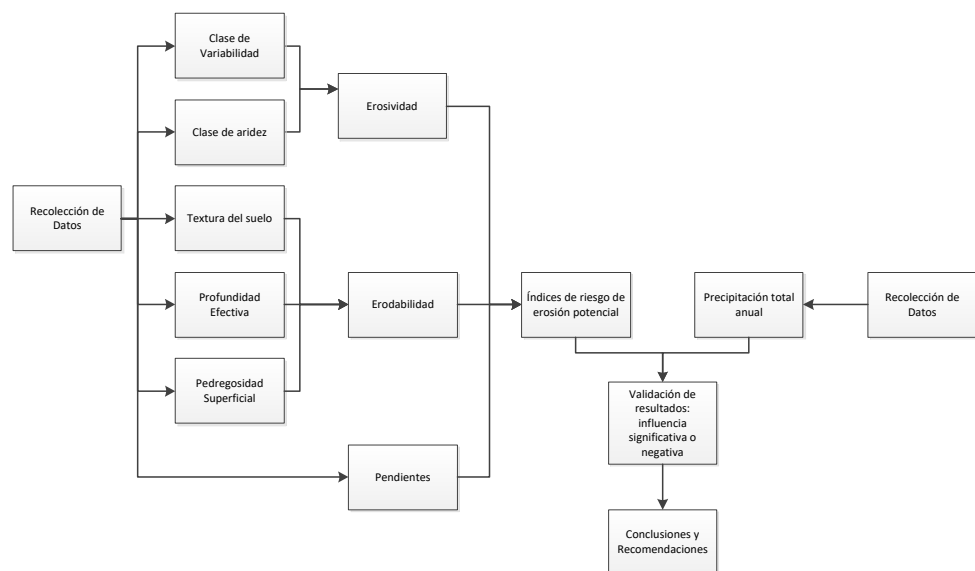
Tipo de Mapa	Finalidad	Metodología básica del trabajo	Escala del mapa a elaborar (orientativo)
Esquemático	Inventario muy general. Información preliminar	Compilación de información. Información indirecta. Inferencia.	1/2000000 (Imágenes de satélite)
Exploratorio	Inventario general de recursos	Examen de grandes áreas en poco tiempo. Información preexistente. Transectas rápidas.	1/2000000 a 1/500000 (Imágenes de Satélite)
Generalizado	Usado para planificación regional. Localización de proyectos de desarrollo.	Transectas rápidas.	1/750000 a 1/250000 (Imágenes de satélite)
Reconocimiento	Estudios de previabilidad. Localización de proyectos. Planificación local. Estudios integrados.	Teledetección. Prospección a campo mediante transectas. Información preexistente.	1/100000 a 150000 (Imágenes de Satélite, fotomosaicos, Hojas topográficas, fotocartas)
Semidetallado	Evaluación económica. Estudio de viabilidad de alternativas. Implementar programas de desarrollo.	Teledetección combinada con una prospección a campo importante. Apoyo de la fotointerpretación.	1/50000 a 1/20000 (Fotomosaicos, Hojas topográficas, fotografías aéreas)
Detallado	Diserto y ejecución de proyectos concretos. Planes de conservación de suelos. Estudios a nivel de establecimientos rurales	Prospección a campo, principalmente. Apoyo limitado de la fotointerpretación.	1/15000 a 1/ 5000 (Fotografías aéreas)
Muy detallado	Estudios especiales para planificación. Parcelas de experimentación.	Prospección sistemática.	<1/5.000

Fuente: Cisneros ⁵⁰, pag. 283.

La presentación final del mapa debe llevar datos tales como autor, fecha, localización, referencias, un título, orientación del norte, escala, diferenciación de los objetos y límites definidos con ayuda de polígonos^{50, pág. 284}.

2.2.3. Modelo teórico de la investigación

Se entiende por este modelo al proceso que seguirá la metodología de investigación hasta alcanzar los resultados en base a las variables de estudio.



Fuente: elaboración propia.

2.3. Definición de términos

- **Análisis multicriterio:** Es un método que usa para planificar proyectos que quieren desarrollar más de un objetivo y varios criterios, ayudando a tomar una decisión más adecuada en función a servicio ecosistémicos y naturales y no solo con fines de planificación territorial y económicos^{59, pág. 45}.
- **Arcilla:** Está representada por la fracción de suelo o roca con medidas inferiores a 0.02 mm⁶⁰.
- **Arena:** Es la roca sedimentaria detrítica con diámetros comprendidos entre 0,02 y 2 mm⁶⁰.

- Bisecan: corte o división de una figura en dos partes iguales ⁶⁰.
- Cartografía: Conjuntos de técnicas, operaciones y estudios que se relacionan para la elaboración de análisis de mapas, modelos de relieves que representan la Tierra o parte de ella ^{61, pág. 13}.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza): Centro dedicado a la enseñanza e investigación de posgrado en el manejo, conservación, agricultura y usos sostenible de los recursos naturales, Tiene miembros en Bolivia, Costa Rica, Guatemala, Salvador, Belice, México, Paraguay, Panamá, Nicaragua, Venezuela, República Dominicana, el Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA) y el Estado de Acre en Brasil ^{33, pág. 33}.
- Clima: Es el conjunto de condiciones atmosféricas muy propias de una región determinada, el cual está constituido por la humedad, temperatura, vientos, frecuencia de las lluvias, cantidad de lluvia, presiones entre otros; el clima es condicionado por la latitud y factores geográficos tales como proximidad a los mares, montañas, relieves, etc., los principales climas son el seco, frío, templado, cálido y polar ⁶⁰.
- CORINE (Coordination of Information on the Environment): también conocido por el acrónimo CLC, “desarrolla la creación de una base de datos sobre la cobertura y uso del territorio en la Unión Europea, está dirigido por la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), en Copenhague, donde se analizan los datos recogidos por los sensores” ^{14, pág. 73}.
- Cuenca: territorio situado en una depresión de terreno y rodeado de montañas, el cual está limitado por los mayores niveles topográficos, llamada línea divisoria, que dividen las precipitaciones que caen en cuencas vecinas y que encaminan la escorrentía superficial resultante para uno u otro sistema fluvial ^{34, pág. 53}.
- Datum: es un Sistema de Referencia Geodésico basado en la superficie de referencia el cual está precisamente posicionada y mantenida en el espacio; y es generada por una red compensada de puntos. El Datum geodésico es definido como un conjunto de parámetros que especifican la superficie de referencia o el sistema de referencia de coordenadas utilizado por el apoyo geodésico para el cálculo de coordenadas de puntos terrestres; comúnmente los Datums se definen separadamente como horizontales y verticales ^{62, pág. 15}.

- Decámetro: Medida de longitud, de símbolo dam o Dm, que es igual a 10 metros ⁶⁰.
- Drenaje: propiedad que está relacionada con la capacidad que se cuenta para eliminar el exceso de agua que provenga del riego o las precipitaciones en un área ^{40, pág. 105}.
- Empírico: es cuando algo está basado en la observación y experiencia de los hechos: estudios empíricos ⁶⁰.
- Erosión de suelos: es la pérdida gradual de materia que forma parte del suelo, al ir siendo arrastrada las partículas que pueden ser transportadas, arrancadas y disgregadas, a medida que van quedando en la superficie. A escala mundial tienen importancia la erosión hídrica y la eólica, siendo la primera la de mayor trascendencia ^{49, pág. 669}.
- Escorrentía: circulación libre del agua de lluvia sobre la superficie de un terreno ⁶⁰.
- Escurrimiento: acción y resultado de escurrir, escurrirse o deslizarse ⁶⁰.
- Geología: Ciencia que estudia el origen de la tierra así como sus historia y constitución. Se divide principalmente en: la cristalografía, la mineralogía y la petrografía, que estudian la geodinámica, la física terrestre, que trata de los agentes productores de la tectónica, las variantes del relieve; que estudia las leyes de las deformaciones mecánicas y dislocaciones y de la corteza terrestre; la sismología, que estudia los movimientos violentos de la tierra; la orogenia, que trata de la formación de los relieves montañosos; la estratigrafía; que estudia la sucesión de los elementos de la corteza, y la paleontología, que estudia los fósiles ^{51, pág. 7}.
- Hidrología: Es la ciencia que estudia la distribución, circulación y propiedades del agua en la superficie de la Tierra y su atmósfera ⁶⁰.
- Infiltración: paso gradual de un líquido a través de los intersticios de un cuerpo ⁶⁰.
- Isoyetas: línea que une puntos de un determinado mapa que representa un mismo valor de precipitación durante un período determinado ⁶⁰; es una curva trazada en un plano, que representa puntos de igual precipitación ^{39, pág. 36}.
- Ladera: Define la inclinación de un monte o una montaña, cuya pendiente está representada por el ángulo que forma con la horizontal ⁶⁰.
- Lansat: se asocia con la constelación de satélites LANDSAT (LAND = tierra y SAT = satélite) ⁶⁰.

- Limo: Son el conjunto de partículas cuyo tamaño oscila entre 2 a 20 micrómetros, que son transportadas y sedimentadas ⁶⁰.
- Litología: Es una parte de la geología que se dedica al estudio de las rocas ⁶⁰.
- Meteorización: proceso de fragmentación o alteración de las rocas de la superficie terrestre por la acción de la atmósfera, el agua y los seres vivos ⁶⁰.
- Microcuenca: son los afluentes a los ríos secundarios, entendiéndose por quebradas que alimentan a los ríos secundarios ^{34, pág. 56}.
- Pedregosidad superficial: deben ser descritos como el porcentaje de superficie cubierto de roca ⁶³.
- Pendiente: en topografía, relación entre distancia horizontal y la diferencia de nivel entre dos puntos ^{60, pág. 30}.
- Pluviómetro: aparato que sirve para medir la cantidad de lluvia que cae en un lugar y en un período de tiempo determinados ^{36, pág. 134}.
- Precipitación: La precipitación es considerada la fuente de agua primaria en nuestro planeta, para la hidrología y las mediciones que se le hacen son el punto de partida de la mayor parte de los estudios concernientes al uso y control del agua ^{36, pág. 113}.
- Precipitación total anual: es la precipitación acumulada de todo un año ^{34, pág. 103}.
- Profundidad efectiva del suelo: es aquella profundidad hasta la que no existe una condición restrictiva que afecte el desarrollo del sistema radical ^{40, pág. 107}.
- Prospección: exploración científica o industrial de un terreno para descubrir yacimientos mineros, petrolíferos, de aguas subterráneas, o de restos arqueológicos ⁶⁰.
- Relieve: Esta representado por la configuración de una superficie terrestre o dicho de otro modo los accidente geográficos tanto que se encuentren sobre el nivel del mar o bajo este, las cordilleras definen el relieve de un territorio. ⁶⁰.
- SIG: “es una herramienta computacional compuesta por equipos, programas, datos georreferenciados y usuarios que requieren organizar, analizar, automatizar procesos y producir información” ^{58, pág. 33}.
- Subcuenca: “son los ríos secundarios que desaguan en el río principal. Cada afluente tiene su respectiva cuenca, denominada sub cuenca” ^{34, pág. 53}.
- SUCS: “Sistema Unificado de Clasificación de Suelos - SUCS (Unified Soil Classification System (USCS)) se utiliza para caracterizar suelos finos, con base en la carta de plasticidad de Casagrande” ^{64, pág. 18}.

- Susceptibilidad: capaz de recibir modificación o impresión ⁶⁰.
- Talud: inclinación de un muro o de un terreno ⁶⁰.
- Teledetección: Consiste en la detección a distancia de informaciones sobre la superficie terrestre o de un planeta y está basada en el registro de la radiación electromagnética ⁶⁰.
- Textura del suelo: es la expresión cualitativa y cuantitativa del tamaño de las partículas del suelo. Cuantitativa ya que se refiere al comportamiento que resulta del tamaño y de la naturaleza de los contribuyentes del suelo y cuantitativa por ser una expresión porcentual ^{40, pág. 76}.
- Topografía: Es la técnica de representa y describe sobre un plano la superficie de un terreno, con los detalles artificiales y/o naturales que tiene ⁶⁰.
- Transecto: "método en el que las observaciones se hacen siguiendo generalmente, una línea recta que cruza el mayor número de unidades del mapa fisiográfico previamente elaborado" ^{65, pág. 3}.
- USLE: ecuación universal de pérdida de suelos ²⁶.
- UTM: sistema de coordenadas universal transversal de Mercator, es un sistema que cubre todo el globo, entre los 80° de latitud Norte y 80° de latitud Sur y en los polos se cubre con la proyección estereográfica polar ^{61, pág. 35}.
- Zoógena: de origen animal, o que es adquirido de los animales ⁶⁰.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Método, tipo y nivel de la investigación

3.1.1. Métodos de la investigación

A) Método general o teórico de la investigación:

Método deductivo - analítico: método que procede de una verdad general hasta llegar al conocimiento de verdades particulares o específicas. En este caso se tomó información de un entono general como es la cuenca del río Shullcas para aplicarlos en los casos particulares de las quebradas seleccionadas en este estudio y comprobando la validez de dicha información. La información de área de estudio fue representada en distintos mapas temáticos tales como erosividad, erdodavilidad y pendientes del suelo los cuales son analizados con el fin de asignarles una ponderación, seguidamente fueron superpuestos para obtener un mapa donde se muestren los índices de riesgo de erosión potencial y finalmente ver la influencia de precipitación total anual sobre este ^{66, pág. 20}.

B) Método específico de la investigación:

Método observacional: se observó el objeto de estudio en torno al método científico hasta identificar la necesidad de estudiar el riesgo a

la erosión del suelo y la relación que pueda guardar con la precipitación en la zona de estudio, todo esto enfocado en el valor que se le da a los recursos de la naturaleza y encaminado a la conservación del ecosistema ^{66, pág. 103}. El proceso metodológico que se siguió fue el siguiente:

- Planteamiento y formulación del problema de investigación según con las líneas de investigación planeadas por la E.A.P. de Ingeniería Ambiental de la Universidad Continental.
- Recopilación de información bibliográfica tales como artículos científicos e investigaciones que permitan el sustento del planteamiento del problema de esta investigación.
- Identificación de la metodología que se usara y los alcances de la investigación.
- Desarrollo del marco teórico de la investigación utilización bibliografía seleccionada con respecto al tema seleccionado para el desarrollo de la investigación.
- Delimitación de la población y elección de la muestra de la investigación.
- Elaboración de los instrumentos que faciliten la recolección de datos.
- Mediante los instrumentos seleccionados recopilar muestras en el área de estudio.
- Análisis de la información recolectada en función de la metodología planteada para determinar la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.
- Contraste de los resultados al realizar el análisis de las muestras representativas recolectadas y procesamiento de la información.
- Determinación de la precipitación total anual para cada año y los índices de riesgo de erosión potencial del suelo dentro del área de investigación.
- Validación de los resultados mediante métodos estadísticos de la investigación.

3.1.2. Tipo de la investigación

Aplicada: En busca es de transformar el conocimiento en algo aplicable y útil para la solución de problemas sociales. Es decir, tiene por finalidad aplicar las ciencias y complementarlas con conocimientos nuevos para así poder lograr que la investigación tenga aplicación y repercusión en la sociedad afectada por el proceso de erosión.

3.1.3. Nivel de la investigación

Correlacional: en este nivel de investigación se mide el grado de relación que pueda existir entre dos variables; a su vez se busca determinar el comportamiento de una variable o concepto a partir del comportamiento de otras variables relacionadas con nuestras variables, es decir se busca preciar el valor aproximado que tendrá un grupo de individuos en una variable, que parte del valor que tiene la variable o variables relacionadas.

3.2. Diseño de la investigación

No experimental: en la investigación no experimental no se manipulan deliberadamente variables. Es decir, no se hacen intencionalmente las variables independientes. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal y como se dan en su contexto natural, para después analizarlos. El diseño no experimental que se aplicara en la investigación es Longitudinal de tendencia porque la investigación se centra en estudiar las relaciones entre variables a través del tiempo.

3.3. Población y muestra

3.3.1. Población

La población para esta investigación está representada por las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas (ver anexo 03) por pertenecer a la cuenca alta del río Shullcas y presentar sectores con presencia de suelos erosionados ^{33, pág. 49}.

Estudios anteriores basados en la metodología USLE indican que los valores más altos de erosión se dan en la parte alta de la subcuenca del río Shullcas con valores de hasta 1.50 ton/ha/año ^{67, pág. 1}.

3.3.2. Muestra

El tipo de muestreo empleado es el no probabilístico o también nombrado muestras dirigidas, orientadas por las características de la investigación más que por el criterio estadístico de generalización ^{68, pág. 189}, de este modo se identificaron 11 puntos de muestreo entre M1 y M11 por cada tipo de suelo basado en estudios anteriores (ver anexo 03).

En un segundo escenario se adicionaron 10 puntos de muestreo entre M-B1 y M-B10 basados en el reglamento de ejecución de levantamiento de suelos el cual fue aprobado mediante D.S. N° 013-2010-AG ^{65, pág. 6}, donde indica que en el nivel semidetallado o de tercer orden, donde el área de la muestra deberá de ser un 30 % de la superficie total como mínimo (ver anexo 03) y en este caso el área seleccionada represento el 31.3 % del área total (79.7 km²) y se realizaron chequeos por cada 100 hectáreas, para lo cual se empleó el método de transecto reticulado ^{65, pág. 6}.

Es necesario mencionar que la metodología (CORINE) clasifica la información en rangos, por lo cual se puede entender que no es necesario incurrir en tanto detalle como por ejemplo el caso de la textura del suelo que solo tiene cuatro grupos y la profundidad efectiva del suelo la cual solo tiene tres grupos de los cuales se llega a un máximo de 75 cm de profundidad. En la tabla 22 se detalla la ubicación de los 22 puntos de muestreo.

Tabla 22. Descripción de los puntos de muestreo.

Punto	Este	Oeste
M1	8679841	491104
M2	8678022	495342
M3	8678016	495342
M4	8677902	494577
M5	8676666	494807
M6	8676425	492754
M7	8676327	491881
M8	8675139	489134
M9	8675041	488528
M10	8675234	488397
M11	8674563	488656
M-B1	8673784	493090
M-B2	8673887	490875
M-B3	8676246	490817
M-B4	8676304	492848
M-B5	8676096	495281
M-B6	8678285	495283
M-B7	8678095	493154
M-B8	8678280	490880
M-B9	8680476	493066
M-B10	8682681	493066

Fuente: elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.4.1. Técnicas de recolección de datos

Las técnicas empleadas en esta investigación son las siguientes:

- **Análisis documental:** Esta técnica busca documentos que servirán como instrumento o intermediario para la búsqueda de documentos

originales y las solicitudes de información que pueda tener el usuario. A su vez esta técnica es de tipo intelectual ya que el documentalista debe realizar un proceso de interpretación y análisis de la información de los documentos y luego sintetizarlo. Se buscaron datos de fuentes primarias y secundarias tales como libros, boletines, revistas, folletos y periódicos para recolecta información sobre las variables.

- Observación de campo no experimental: se realizaron diversas visitas al área de investigación con el fin de identificar y contrastar la información recopilada y dar veracidad a esta.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos

Los instrumentos de recolección de datos usados en esta investigación fueron las fichas de muestreo y una libreta de campo.

- Instrumento N° 01: Ficha de Muestreo de Suelos - Cadena de Custodia (ver anexo 02).
- Instrumento N° 02: Ficha de inspección de campo (ver anexo 02).

3.5. Técnicas de análisis y procesamiento de datos

Modelamiento: Los datos recolectados de fuentes primarias y secundarias tales como cartas nacionales, mapa de suelos y planillas de precipitación media mensual fueron procesados con ayuda del software ArcGis 10.0 de tal manera que se agilizo el procesamiento de información cartográfica para determinar los índices según la metodología CORINE. Para la validación de la hipótesis planteada se empleó la prueba de Pearson y así determinar la relación existente entre variables en un entorno de nivel correlacional.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación

La información recolectada fue procesada con ayuda del software Excel y ARCGIS para elaborar los mapas de clase de erosividad, erodabilidad y pendiente, producto de estos tres mapas se elaboró el mapa de Índices de riesgo de erosión potencial del suelo para así determinar la influencia que tiene la precipitación total anual del período delimitado en estudio.

Las áreas denominadas nulas son la urbana, nevados, lagos y la roca desnuda la cual obtiene el valor de cero en los índices de textura del suelo.

- Resultados para lograr explicar el objetivo general:

Los datos de precipitación total mensual de la estación meteorológica Shullcas – Acopalca, ubicada en Latitud 11°59'41" S y Longitud 75°06'57.5" N del departamento de Junín, provincia de Huancayo y distrito de Huancayo se obtuvieron de SENAMHI (ver anexo 05).

Esta información fue procesada en una hoja de cálculo con ayuda del software Microsoft Excel, los resultados se muestran en la tabla 23; estos datos sirvieron para determinar la precipitación anual acumulada como se muestra en la tabla 24 y la precipitación total anual en (mm) para cada año entre en el 2010 y 2018 presentados en la tabla 25.

Tabla 23. *Precipitación total mensual (mm), período 2006 - 2018.*

ANO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2006	225.60	110.90	120.80	40.60	2.90	11.50	0.00	25.90	36.70	93.70	108.80	103.60
2007	94.60	112.90	124.10	56.30	26.60	0.10	25.70	15.20	37.60	92.10	94.00	92.70
2008	214.40	131.90	54.50	40.00	15.60	8.20	0.00	8.10	34.10	117.00	68.90	117.30
2009	96.90	169.60	137.80	45.70	26.40	23.00	9.10	34.70	48.00	62.70	99.60	168.50
2010	232.90	198.10	110.10	30.80	10.50	0.50	5.50	5.80	12.20	70.40	39.30	234.40
2011	243.30	248.30	184.30	74.70	21.70	1.00	6.70	2.30	70.30	60.80	68.10	159.90
2012	100.90	202.30	141.20	97.40	0.00	0.00	23.00	22.00	66.20	65.10	72.70	213.90
2013	165.10	165.00	106.00	57.90	22.70	18.40	16.00	31.60	95.20	105.50	69.40	164.40
2014	187.50	108.90	175.00	49.90	31.30	1.20	6.30	10.90	71.60	52.10	72.90	147.50
2015	215.70	115.40	90.10	91.50	56.80	10.10	10.20	10.30	48.50	71.00	106.50	158.20
2016	112.20	173.30	106.00	51.90	32.40	2.10	1.80	13.90	24.70	99.10	83.40	79.00
2017	176.70	100.4	144.7	72	25.8	2.7	4.2	10.6	79.8	55	70.5	108.4
2018	183.1	116.7	167.7	35.3	14.8	8.1	9.5	27.5	48.9	94.4	39.5	140.39

Fuente: SENAMHI y procesamiento propio.

Tabla 24. *Precipitación total anual (mm), período 2006 - 2018.*

Año	Precipitación total anual (mm)
2006	881.00
2007	771.90
2008	810.00
2009	922.00
2010	950.50
2011	1141.40
2012	1004.70
2013	1017.20
2014	915.10
2015	984.30
2016	779.80
2017	850.80
2018	885.89

Fuente: elaboración propia.

- Resultados para lograr explicar los objetivos específicos:

A) Clase de variabilidad: para el desarrollo de la clase variabilidad se recurrió a información de la estación meteorológica Shullcas - Acopalca (ver anexo 05); estos datos fueron procesados según recomienda la metodología CORINE con la ecuación de Fourier para cada año como se muestra la tabla 25. En este caso los mapas tuvieron el valor de la ecuación de Fourier en toda su superficie puesto que solo existe una estación que brinde los datos necesarios dentro del área de estudio.

Tabla 25. Ecuación de Fourier y reclasificación según el método CORINE.

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	Suma Pi2	(Suma Pi2)/P	Rango CORINE
2006	50895.36	12298.81	14592.64	1648.36	8.41	132.25	0.00	670.81	1346.89	8779.69	11837.44	10732.96	112943.62		
2007	8949.16	12746.41	15400.81	3169.69	707.56	0.01	660.49	231.04	1413.76	8482.41	8836.00	8593.29	69190.63		
2008	45967.36	17397.61	2970.25	1600.00	243.36	67.24	0.00	65.61	1162.81	13689.00	4747.21	13759.29	101669.74		
2009	9389.61	28764.16	18988.84	2088.49	696.96	529.00	82.81	1204.09	2304.00	3931.29	9920.16	28392.25	106291.66		
2010	54242.41	39243.61	12122.01	948.64	110.25	0.25	30.25	33.64	148.84	4956.16	1544.49	54943.36	168323.91	194.13	5
2011	59194.89	61652.89	33966.49	5580.09	470.89	1.00	44.89	5.29	4942.09	3696.64	4637.61	25568.01	199760.78	218.84	5
2012	10180.81	40925.29	19937.44	9486.76	0.00	0.00	529.00	484.00	4382.44	4238.01	5285.29	45753.21	141202.25	152.50	4
2013	27258.01	27225.00	11236.00	3352.41	515.29	338.56	256.00	998.56	9063.04	11130.25	4816.36	27027.36	123216.84	131.45	4
2014	35156.25	11859.21	30625.00	2490.01	979.69	1.44	39.69	118.81	5126.56	2714.41	5314.41	21756.25	116181.73	124.28	4
2015	46526.49	13317.16	8118.01	8372.25	3226.24	102.01	104.04	106.09	2352.25	5041.00	11342.25	25027.24	123635.03	131.55	4
2016	12588.84	30032.89	11236.00	2693.61	1049.76	4.41	3.24	193.21	610.09	9820.81	6955.56	6241.00	81429.42	88.01	2
2017	31222.89	10080.16	20938.09	5184.00	665.64	7.29	17.64	112.36	6368.04	3025.00	4970.25	11750.56	94341.92	102.65	3
2018	33525.61	13618.89	28123.29	1246.09	219.04	65.61	90.25	756.25	2391.21	8911.36	1560.25	19709.35	110217.20	120.26	4

Fuente: elaboración propia.

La clase variabilidad de un total de un total de 79.78 km² está representada para el período 2010 al 2011 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel muy bajo por 0.00 km², en un nivel bajo por 0.00 km², en un nivel moderado por 0.00 km², en un nivel alto por 0.00 km² y un nivel muy alto por 70.26 km², para el período 2012 al 2015 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel muy bajo por 0.00 km², en un nivel bajo por 0.00 km², en un nivel moderado por 0.00 km², en un nivel alto por 70.26 km² y un nivel muy alto por 0.00 km², para el período, para el año 2016 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel muy bajo por 0.00 km², en un nivel bajo por 70.26 km², en un nivel moderado por 0.00 km², en un nivel alto por 0.00

km² y un nivel muy alto por 0.00 km², para el período, para el año 2017 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel muy bajo por 0.00 km², en un nivel bajo por 0.00 km², en un nivel moderado por 70.26 km², en un nivel alto por 0.00 km² y un nivel muy alto por 0.0 km², para el período y para el año 2018 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel muy bajo por 0.00 km², en un nivel bajo por 0.00 km², en un nivel moderado por 0.00 km², en un nivel alto por 70.26 km² y un nivel muy alto por 0.00 km².

- B) Clase de aridez: para el desarrollo de la clase aridez se recurrió a información de la estación meteorológica Shullcas - Acopalca (ver anexo 05) como se visualiza en la tabla 26. Adicional a esto se tomaron datos de la tabla 23 para los datos de precipitación requeridos por la ecuación. Los resultados de estos datos se visualizan en la tabla 27 y 28 según la ecuación Bagnouls-Gaussen (BGI).

Tabla 26. *Temperatura media mensual (°C), período 2010 - 2018.*

AÑO	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.
2010	10.01	10.04	10.00	9.60	9.60	8.10	8.00	7.70	9.50	9.30	10.00	8.70
2011	9.10	8.90	8.90	8.60	8.10	8.50	7.90	8.50	8.10	9.20	9.92	8.60
2012	9.30	8.90	8.00	8.30	7.15	6.81	5.70	6.70	6.90	8.10	8.50	7.80
2013	8.00	8.20	8.70	7.90	7.50	6.60	5.50	6.50	7.00	7.70	8.90	8.00
2014	8.20	7.90	7.90	7.60	7.60	7.30	6.00	6.00	7.00	7.80	9.00	8.50
2015	8.10	8.10	7.90	7.40	7.50	6.40	6.40	6.70	7.90	8.60	9.10	8.60
2016	9.30	9.20	9.30	8.70	7.50	6.40	6.00	6.80	7.50	7.90	8.70	8.60
2017	8.03	8.47	8.42	8.40	7.75	7.15	6.36	7.43	8.15	8.70	9.13	8.87
2018	7.66	8.76	8.81	7.82	7.49	6.58	6.29	6.49	7.65	8.27	9.79	8.55

Fuente: SENAMHI y procesamiento propio.

Tabla 27. *Cálculos de (2Ti-Pi) y Ki, período 2010 - 2018.*

AÑO	(2ti-Pi)												Ki
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.	
2010	-212.88	-178.02	-90.10	-11.60	8.70	15.70	10.50	9.60	6.80	-51.80	-19.30	-217.00	0.42
2011	-225.10	-230.50	-166.50	-57.50	-5.50	16.00	9.10	14.70	-54.10	-42.40	-48.26	-142.70	0.25
2012	-82.30	-184.50	-125.20	-80.80	14.30	13.62	-11.60	-8.60	-52.40	-48.90	-55.70	-198.30	0.17
2013	-149.10	-148.60	-88.60	-42.10	-7.70	-5.20	-5.00	-18.60	-81.20	-90.10	-51.60	-148.40	0.00
2014	-171.10	-93.10	-159.20	-34.70	-16.10	13.40	5.70	1.10	-57.60	-36.50	-54.90	-130.50	0.25
2015	-199.50	-99.20	-74.30	-76.70	-41.80	2.70	2.60	3.10	-32.70	-53.80	-88.30	-141.00	0.25

2016	-93.60	-154.90	-87.40	-34.50	-17.40	10.70	10.20	-0.30	-9.70	-83.30	-66.00	-61.80	0.17
2017	-160.64	-83.46	-127.86	-55.20	-10.30	11.61	8.52	4.27	-63.51	-37.61	-52.24	-90.65	0.17
2018	-167.77	-99.18	-150.09	-19.67	0.19	5.07	3.09	-14.53	-33.60	-77.85	-19.91	-123.29	0.17

Fuente: elaboración propia.

Tabla 28. *Reclasificación de aridez según el método CORINE, período 2010 - 2018.*

AÑO	(2ti-Pi)*Ki												BGI	Rango CORINE
	ENE.	FEB.	MAR.	ABR.	MAY.	JUN.	JUL.	AGO.	SET.	OCT.	NOV.	DIC.		
2010	-88.70	-74.18	-37.54	-4.83	3.63	6.54	4.38	4.00	2.83	-21.58	-8.04	-90.42	-303.92	1
2011	-56.28	-57.63	-41.63	-14.38	-1.38	4.00	2.28	3.68	-13.53	-10.60	-12.07	-35.68	-233.19	1
2012	-13.72	-30.75	-20.87	-13.47	2.38	2.27	-1.93	-1.43	-8.73	-8.15	-9.28	-33.05	-136.73	1
2013	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1
2014	-42.78	-23.28	-39.80	-8.68	-4.03	3.35	1.43	0.28	-14.40	-9.13	-13.73	-32.63	-183.38	1
2015	-49.88	-24.80	-18.58	-19.18	-10.45	0.68	0.65	0.78	-8.18	-13.45	-22.08	-35.25	-199.73	1
2016	-23.40	-38.73	-21.85	-8.63	-4.35	2.68	2.55	-0.08	-2.43	-20.83	-16.50	-10.30	-141.85	1
2017	-40.16	-20.86	-31.97	-13.80	-2.58	2.90	2.13	1.07	-15.88	-9.40	-13.06	-15.11	-156.71	1
2018	-41.94	-24.79	-37.52	-4.92	0.05	1.27	0.77	-3.63	-8.40	-19.46	-4.98	-20.55	-164.11	1

Fuente: elaboración propia.

La clase aridez está representada en su totalidad entre el período 2010 al 2018 por el índice numérico 1 por lo cual no causara ninguna influencia en los cálculos posteriores.

- C) Erosividad: es el resultado del producto de los valores reclasificados de los mapas de variabilidad y aridez para los períodos del 2010 al 2018 y puesto que los valores de la clase aridez son uno, estos no influyen de ninguna manera. La erosividad de un total de 79.78 km² está representada para el período 2010 al 2015 y año 2018 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel bajo por 0.00 km², en un nivel moderado por 70.26 km² y en un nivel alto por 0.00 km², y para el período 2016 al 2017 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel bajo por 70.26 km², en un nivel moderado por 0.00 km² y en un nivel alto por 0.00 km² (ver anexo 06).
- D) Textura del suelo: Se obtuvo por medio de muestras dentro de la zona de estudio (ver anexo 05) y se contrastó con los datos de textura del suelo del informe técnico que presentó CAITE en el 2017 ³³, pág. 61 - 63, estos datos fueron clasificados según el método CORINE obteniendo los resultados de la tabla 29.

Tabla 29. *Textura del suelo en los puntos de muestreo.*

PUNTO	ESTE	NORTE	TEXTURA	CORINE
M1	8679841	491104	Franco - Arenoso	2
M2	8678022	495342	Franco - Arenoso	2
M3	8678016	495066	Franco - Arenoso	2
M4	8677902	494577	Franco - Arenoso	2
M5	8676666	494807	Franco - Arenoso	2
M6	8676425	492754	Franco - Arenoso	2
M7	8676327	491881	Franco - Arenoso	2
M8	8675139	489134	Franco - Arenoso	2
M9	8675041	488528	Franco - Arenoso	2
M10	8675234	488397	Franco - Arenoso	2
M11	8674563	488656	Franco - Arenoso	2
M-B1	8673784	493090	Franco - Arenoso	2
M-B2	8673887	490875	Franco - Arenoso	2
M-B3	8676246	490817	Afloramiento Lítico	0
M-B4	8676304	492848	Franco - Arenoso	2
M-B5	8676096	495281	Franco - Arenoso	2
M-B6	8678285	495283	Franco - Arenoso	2
M-B7	8678095	493154	Franco - Arenoso	2
M-B8	8678280	490880	Franco - Arenoso	2
M-B9	8680476	493066	Franco - Arenoso	2
M-B10	8682681	490857	Franco - Arenoso	2

Fuente: elaboración propia.

La textura del suelo de un total de 79.78 km² está representada en un nivel nulo por 23.19 km², en un nivel ligeramente erosionable por 56.59 km², en un nivel moderadamente erosionable por 0.00 km² y en un nivel altamente erosionable por 0.00 km² (ver anexo 06).

- E) Profundidad efectiva: los datos de profundidad efectiva del suelo fueron obtenidos mediante calicatas y trincheras realizadas en la zona de estudio (ver tabla 30). Es necesario resaltar que el método CORINE solo trabaja hasta una profundidad máxima de 75 cm.

Tabla 30. *Profundidad efectiva del suelo en los puntos de muestreo.*

PUNTO	ESTE	NORTE	PROF. EFECTIVA (m)	CORINE
M1	8679841	491104	0.76	1
M2	8678022	495342	0.80	1
M3	8678016	495066	0.81	1
M4	8677902	494577	1.25	1
M5	8676666	494807	0.76	1
M6	8676425	492754	0.90	1
M7	8676327	491881	0.80	1
M8	8675139	489134	1.02	1
M9	8675041	488528	0.95	1
M10	8675234	488397	0.81	1
M11	8674563	488656	1.00	1
M-B1	8673784	493090	0.80	1
M-B2	8673887	490875	0.35	2
M-B3	8676246	490817	Afloramiento Lítico	0
M-B4	8676304	492848	0.82	1
M-B5	8676096	495281	0.76	1
M-B6	8678285	495283	0.46	2
M-B7	8678095	493154	0.90	1
M-B8	8678280	490880	0.80	1
M-B9	8680476	493066	0.80	1
M-B10	8682681	490857	0.80	1

Fuente: elaboración propia.

La profundidad efectiva del suelo de un total de 79.78 km² está representada en un nivel nulo por 0.00 km², en un nivel ligeramente erosionable por 30.11 km², en un nivel moderadamente erosionable por 30.18 km² y en un nivel altamente erosionable por 19.49 km² (ver anexo 06).

- F) Pedregosidad superficial: los datos de pedregosidad superficial se obtuvieron en campo (ver anexo 02) y con ayuda de imágenes satelitales obtenidas de Google Earth 2018 y las imágenes que proporciona Autocad Civil 3D a través de Bing, estos datos fueron empleados para construir el mapa correspondiente con ayuda del software ArcGis. En este caso se vio por conveniente separar la roca superficial y las áreas sin presencia

de estas a fin de obtener un valor crítico más asertivo. La pedregosidad superficial de un total de 79.78 km² está representada en un nivel nulo por 23.19 km², en un nivel completamente protegido por 0.00 km² y en un nivel no totalmente protegido por 56.59 km² (ver anexo 06).

- G) Erodabilidad: es el resultado del producto de los índices de textura del suelo, profundidad efectiva y pedregosidad. La erodabilidad de un total de 79.78 km² está representada en un nivel nulo por 23.19 km², en un nivel bajo por 25.46 km², en un nivel moderado por 31.13 km² y en un nivel alto por 0.00 km² (ver anexo 06).
- H) Pendientes: se obtuvieron las curvas de nivel de Google Earth Pro a 1.5 m de distancia entre curvas, seguidamente se elaboró un TIM y posterior a esto se generó el mapa de pendientes con ayuda de las herramientas de ArcGIS (ver anexo 06). Las pendientes de un total de 79.78 km² está representada en un nivel de ondulado a plano por 1.44 km², en un nivel ondulado por 9.95 km², en un nivel empinado por 24.63 km² y en un nivel muy empinado por 43.76 km² (ver anexo 06).
- I) Riesgo de erosión potencial: los índices de riesgo de erosión potencial del suelo es el resultado del producto de los índices de erodabilidad, erosividad y pendiente. Los valores que varían son los de erosividad para el período 2010 - 2015 y año 2018 y período 2016 - 2017 de ahí el resultado de solo dos mapas (ver anexo 06). Las áreas que representan los distintos valores se aprecian en la tabla 31 y 32.

Tabla 31. *Índices de riesgo de erosión potencial del suelo en la zona de estudio, período 2010 - 2015 y año 2018.*

Índices de riesgo de erosión potencial del suelo	Área (km ²)	%
Nulo	23.19	29.07
Bajo	0.50	0.62
Medio	4.23	5.30
Alto	51.86	65.01
TOTAL	79.78	100.00

Fuente: elaboración propia.

Tabla 32. *Índices de riesgo de erosión potencial del suelo en la zona de estudio, período 2016 - 2017.*

Índices de riesgo de erosión potencial del suelo	Área (km ²)	%
Nulo	23.19	29.07
Bajo	4.74	5.94
Medio	38.38	48.11
Alto	13.47	16.88
TOTAL	79.78	100.00

Fuente: elaboración propia.

4.1.1. Prueba de hipótesis

La validación de los resultados obtenidos en esta investigación se realizó con la correlación de Pearson en un entorno no paramétrico por trabajar con datos cualitativos cuyo resultado se observa en la tabla 33:

- H_1 : La precipitación total anual influye significativamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.
- H_0 : La precipitación total anual no influye significativamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.

Tabla 33. *Resultados de prueba de hipótesis.*

		Correlaciones			
		PRECIPITACION TOTAL ANUAL	ALTO	MEDIO	BAJO
PRECIPITACION TOTAL ANUAL	Correlación de Pearson	1	,710*	-,710*	-,710*
	Sig. (bilateral)		,032	,032	,032
	N	9	9	9	9
ALTO	Correlación de Pearson	,710*	1	-1,000**	-1,000**
	Sig. (bilateral)	,032		,000	,000
	N	9	9	9	9
MEDIO	Correlación de Pearson	-,710*	-1,000**	1	1,000**
	Sig. (bilateral)	,032	,000		,000
	N	9	9	9	9
BAJO	Correlación de Pearson	-,710*	-1,000**	1,000**	1
	Sig. (bilateral)	,032	,000	,000	
	N	9	9	9	9

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

**.. La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

Fuente: elaboración propia.

El nivel de significancia es menor a 0.05 comparando la precipitación total anual y los índices de riesgo de erosión potencial del suelo para los casos alto, medio y bajo por lo cual se rechaza la hipótesis nula y en consecuencia se determina que existe una correlación entre ambas variables.

4.2. Discusión de resultados

Los resultados que se obtuvieron en la prueba de hipótesis por correlación de Pearson entre la precipitación total anual y los índices de riesgo de erosión potencial del suelo (metodología CORINE) demostraron que el nivel de significancia es menor a 0.05. En este caso la precipitación total anual influye con los índices de riesgo de erosión potencial del suelo. Entendiéndose que cuanto mayor precipitación total anual hay mayor serán las áreas de suelo con riesgo a erosionarse.

La metodología CORINE presenta grandes ventajas en zonas abruptas y con pendientes pronunciadas ^{14, pág. 73 - 74}, a su vez presenta un algoritmo para determinar los índices de riesgo de erosión potencial. Dado que no existe un estudio previo con esta metodología dentro del área de estudio, no es posible comparar los resultados de susceptibilidad a la erosión para los años 2010 al 2016. Por otro lado, no se empleó la metodología de Alarcón y Gayoso ya que esta se aplica en zonas reforestadas sin embargo da una idea del cómo deben ser procesados los datos.

Los datos de precipitación total anual fueron obtenidos a partir de la información brindada por SENAMHI de los períodos 2010-2018. Solo se consideró la estación Shullcas - Acopalca por ser la única estación dentro del área de estudio ^{35, pág. 2 - 3}, sin embargo, se tendrían mejores resultados si existieran más estaciones cercanas; si bien es cierto estaciones pluviométricas como Huaytapallana, Viques, Huayao, Ingenio y Santa Ana servirían, pero tienen la data incompleta para el rango de años de estudio del 2010 - 2018.

La clase de variabilidad es el resultado de la ecuación de Fourier, los períodos 2010 al 2011 obtuvieron el valor 5, el período 2012 al 2015 y año obtuvieron el valor 4, el año 2016 obtuvo el valor de 4 y el año 2017 el valor de 2.

La clase de aridez está basada en la ecuación Bagnouls - Gausson teniendo como variables principales la temperatura y la precipitación total mensual, los resultados muestran que para todos los períodos este valor es de uno haciendo prácticamente insignificante su influencia.

La erosividad es el resultado de la multiplicación de los valores reclasificados de los mapas de variabilidad y aridez; puesto que los valores de aridez son 1 se obtuvieron valores igual a los mapas de variabilidad. Una vez reclasificados los valores se obtuvieron dos mapas uno con valor 2 para el período 2010 - 2015 y año 2018 y otro con valor 1 para el período 2016 - 2017.

La de textura del suelo se obtuvo por medio de los puntos de muestreo y se corroboró con la información que brinda CAITE publicado en el año 2017 ³³, pág. 61 - ⁶³ donde se encontraron suelos con textura franco arenoso a limoso y limo; todos estos valores en conjunto obtienen un valor reclasificado de 2 generando un solo mapa puesto que el suelo desde la perspectiva humana cambia lentamente en un contexto de tiempo geológico en el cual predominan los suelos franco arenoso ⁵¹, pág. 128.

La profundidad efectiva se obtuvo mediante puntos de muestreo (calicatas y trincheras), para casi todos los casos la profundidad efectiva fue mayor a 0.75 metros obteniendo un valor reclasificado de 1 y 2 con excepción de los afloramientos líticos que obtuvieron una puntuación de 3 por ser prácticamente roca desnuda sin embargo estos pasan a tener un valor de 0 producto de los índices de textura.

La pedregosidad superficial se determinó con los datos obtenidos en campo y la ayuda de imágenes satelitales proporcionadas por el software Google Earth y Bing; obteniendo para este caso valores reclasificados de 1 y 2, siendo 1 los afloramientos líticos; al igual que en el caso de profundidad efectiva los índices de los afloramientos líticos son convertidos en 0 a causa de la textura.

La erodabilidad es el producto del mapa de textura del suelo, profundidad efectiva y pedregosidad superficial; obteniendo resultados mayores a 6, esto genera un índice de 3 representado en un solo mapa.

El mapa de pendientes se obtuvo a partir de las curvas de nivel obtenidas de Google Earth y procesadas en ArcGIS; para este caso se obtuvieron índices de 1 hasta 4.

Por último, los índices de riesgo de erosión potencial del suelo es el resultado de la multiplicación de los valores reclasificados de los mapas de erodabilidad, erosividad y pendiente. Los resultados finales muestran que para el período 2010 - 2015 y año 2018 las áreas con nivel bajo son de 0.50 km² con el 0.62 % del área total, en nivel medio 4.23 km² con el 5.30 %, alto 51.86 km² con el 65.01 % y 23.19 km² con el 29.07 % representan las áreas no tomadas en cuenta, para el período 2016 - 2017 las áreas con nivel bajo son de 4.74 km² con el 5.94 % del área total, en nivel medio 38.38 km² con el 48.11 %, alto 13.47 km² con el 16.88 % y 23.19 km² con el 29.07 % de áreas no tomadas en cuenta como zonas urbanas, lagos, nevados y roca desnuda. Cabe destacar que las áreas con nivel alto se reducen para el año 2016 y 2017 debido a un descenso en los niveles de precipitación con respecto a años pasados donde no se detectaron variaciones según la metodología CORINE.

CONCLUSIONES

- a) La precipitación total anual influye significativamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.
- b) Los índices de erosividad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas de un total de 79.78 km² está representada para el período 2010 al 2015 y año 2018 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel bajo por 0.00 km², en un nivel moderado por 70.26 km² y en un nivel alto por 0.00 km², y para el período 2016 al 2017 en un nivel nulo por 9.52 km², en un nivel bajo por 70.26 km², en un nivel moderado por 0.00 km² y en un nivel alto por 0.00 km².
- c) Los índices de erodabilidad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas de un total de 79.78 km² el nivel nulo es representado por 23.19 km², el nivel bajo es representado por 25.46 km², el nivel moderado es representado por 31.13 km² y el nivel alto por 0.00 km².
- d) Los índices de pendientes de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio en la subcuenca del río Shullcas de un total de 79.78 km², las pendientes <5 % representa 1.44 km², pendientes entre 5 - 15 % están representados por 9.95 km², pendientes entre 15 - 30 % está representado por el 24.63 km² y pendientes >30 % por el 43.76 km² del área total.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar estudios más detallados relacionados con la precipitación y el proceso de erosión por diversas metodologías a fin de incrementar información del área de investigación.
- b) Continuar determinando año a año los valores de erosividad del suelo a fin de incrementar la data existente.
- c) Realizar estudios más detallados y por diversas metodologías para determinar los valores de erodabilidad.
- d) Realizar estudios más detallados topografía a fin de obtener mejores datos con respecto a las pendientes y obtener resultados más detallados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ORGANIZACION MUNDIAL METEOROLÓGICA. El clima y la degradación de las tierras [en línea]. 2006. ISBN 9263309892. Disponible en: https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=5098
2. JARROUD, M. y MILESI, O. Erosión suelos amenaza la nutrición en América Latina. 20 de Junio del 2016 [en línea]. 2016. [Fecha de consulta 07 de febrero 2017]. Disponible en: <http://www.voltairenet.org/article192457.html>
3. LA NACIÓN. La FAO advierte sobre la erosión de los suelos en la Argentina. 11 de agosto del 2015 [en línea]. 2015. [Fecha de consulta 07 de febrero 2017]. Disponible en: <http://www.lanacion.com.ar/1818173-sin-titulo>
4. EL TIEMPO. Erosiones de suelo del amazonas inciden en cambio climático - Archivo digital de noticias de Colombia y el mundo desde 1990. 9 de Julio de 2013 [en línea]. 2013. [Fecha de consulta 07 de febrero 2017]. Disponible en: <http://www.eltiempo.com/archivo/documento/CMS-12922182>
5. GARCÍA, P. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. In: EGRAF, S.A. (ed.), Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. ISBN 84-80. Madrid, 2004. p. 334. ISBN 8480145528.
6. EL COMERCIO. Expertos piden proteger el suelo montañoso de la degradación. 06 de Julio del 2015 [en línea]. 2015. [Fecha de consulta 07 de febrero 2017]. Disponible en: <http://elcomercio.pe/ciencias/planeta/expertos-piden-proteger-suelo-montanoso-degradacion-noticia-1823907>
7. ECOLOGÍA DEL PERÚ. Localización de los problemas de los suelos en el Perú. [en línea]. 2016. [Fecha de consulta 07 de febrero 2017]. Disponible en: http://www.peruecologico.com.pe/lib_c18_t13.htm
8. AGRO RURAL. Agro Rural a través del proyecto Sierra Norte ha beneficiado a casi 21 mil familias campesinas de Amazonas, Cajamarca, La Libertad y Lambayeque. 30 de Marzo del 2016 [en línea]. 2016. [Fecha de consulta 07 de febrero 2017]. Disponible en: <http://www.agrorural.gob.pe/agro-rural-a-traves-del-proyecto-sierra-norte-ha-beneficiado-a-casi-21-mil-familias-campesinas-de-amazonas-cajamarca-la-libertad-y-lambayeque/>

9. MINISTERIO DEL AMBIENTE. Proyecto “Territorios climáticamente inteligentes” plantea alternativa para un desarrollo eficiente y preparado frente al cambio climático. 06 de marzo del 2017 [en línea]. 2017. [Fecha de consulta 3 September 2019]. Disponible en: <https://www.gob.pe/institucion/minam/noticias/925-proyecto-territorios-climaticamente-inteligentes-plantea-alternativa-para-un-desarrollo-eficiente-y-preparado-frente-al-cambio-climatico>
10. CATIE. Estudio de suelos en áreas de intervención en la subcuenca del río Shullcas. Estudio de suelos en áreas de intervención en la subcuenca del río Shullcas. 2017. p. 33.
11. INDECI. Programa Ciudades Sostenibles [en línea]. 2011. Huancayo. Disponible en: http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca/4406_mapa-de-peligros-plan-de-usos-del-suelo-ante-desastres-y-medidas-de-mitigacion-de-la-ciudad-de-huancayo.pdf
12. SENAMHI. Caracterización y aptitud agroclimática de papa y maíz en la subcuenca del río shullcas, Junín. [en línea]. 2009. P. 108. Disponible en: http://issuu.com/praa/docs/senamhi_cap_agro_shullcas/62
13. ARNÁEZ, J. Los estudios sobre la erosión del suelo: Aportaciones del profesor José María García-Ruiz. [en línea]. 2014. p. 231-245. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4854053>
14. ALMOROX, J., LÓPEZ, F. y RAFAELLI, S. La degradación de los suelos por erosión hídrica : métodos de estimación [en línea]. Primera Ed. España : Universidad de Murcia, 2010. [Fecha de consulta 03 de marzo 2017]. ISBN 9788483716267. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=bSpiNY_nwOIC&pg=PA63&lpg=PA63&dq=erosion+cualitativos+estimacion+directa+indirecta&source=bl&ots=178GVGwLvK&sig=4FojXr2ghWq2kJzNTqvny_rrvOU&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjrys3amLvSAhVGgZAKHQH4CNoQ6AEIIDAB#v=onepage&q=erosi
15. VEGA, M., FEBLES, J., TOLON, A. y LASTRA, X. Evaluación de la erosión potencial de los suelos mediante la metodología CORINE en distritos pecuarios de la provincia Mayabeque, Cuba. 2011. 4, 45, p. 423-428.
16. ETIN EKPENYONG, R. An assessment of land cover change and erosion risk in Akwa Ibom State of Nigeria using the Co-ordination of information on the Environment (CORINE) methodology. Greener Journal of Physical Sciences. 2012. 3, 3, p. 076-089.

17. HERNÁNDEZ, A. Dinámica erosión / sedimentación: diseño y aplicación del Modelo de Erosión / Sedimentación para la Cuenca del Río Nosara (MES). *Tecnología en Marcha*. 2010. 23, p. 29-46.
18. LEAL, J. y LOZANO, L. Potential fragility levels for erosion and landslides in soils of Ibagué municipality (Tolima). *Revista de Investigación Agraria y Ambiental RIAA*. 2012. 3, 1, p. 67-76. DOI 10.13140/2.1.4657.2328.
19. DE LA CRUZ, M., HERNÁNDEZ, M., BALDERAS, M. y FRANCO, R. Evaluación del riesgo de degradación del suelo en la cuenca del río Lerma, Estado de México, Utilizando Plataformas Sig´S. 2010. p. 23.
20. SEPÚLVEDA, C. Zonas de acogida para suelos degradados. 2013. 25, 35, p. 87-103.
21. MORENO, R., CAMPOS, P., AVENDAÑO, A. y GIL, M. Estimación del riesgo de erosión en microcuenca. aplicación en un entorno de SIG. *Geografía y Sistemas de Información Geográfica (GEOSIG)*. 2016. 8, p. 163-182.
22. DE REGOYOS, M. Metodología para la evaluación de la erosión hídrica con modelos informáticos. Aplicación del modelo GEOWEPP a dos pequeñas cuencas de Madrid. Universidad Politécnica de Madrid, 2003. p 87.
23. GUERRA, J. Evaluación de la degradación de los suelos naturales de la isla de Tenerife Secuencias edáficas evolutivas y regresivas. Universidad de la Laguna, 2009.
24. RAMIREZ, L. Estimación de la pérdida de suelos por erosión hídrica en la cuenca del río Juramento - Salta. Universidad Nacional de Salta, 2010.
25. SANTOS, W y COSTRO, D. Estudio de la pérdida del recurso suelo mediante el cálculo de tasas de erosión y propuesta de estrategias de manejo de suelos, determinadas por las características socio-ambientales de los andes ecuatorianos“. Pontificia Universidad Católica del Ecuador, 2012.
26. ARGUETA, J. Estimación de los riesgos y niveles de erosión hídrica en la microcuenca del Río Negro, Chimaltenango. Universidad de San Carlos de Guatemala, 2010.
27. DURÁN, S. Riesgo a la erosión hídrica y prácticas de manejo de suelos en la microcuenca la Concordia, Armadillo de los Infante, s.l.p. Universidad Autónoma de San Luis de Potosí, 2012.

28. DEL AGUILA, M. Aplicación del modelo USLE/RUSLE para estimar la pérdida de suelos por erosión hídrica en la microcuenca puente Pérez - Tingo Maria. Universidad Nacional Agraria de la Selva, 2010.
29. BALAGUER, M. Análisis empírico de soluciones fotogramétricas en estudios de erosión hídrica en laboratorio. Universidad Politécnica de Valencia, 2015.
30. AGENCY EUROPEAN ENVIRONMENT. Land resources - Contents [en línea]. 1994. Disponible en: <https://www.eea.europa.eu/publications/COR0-soil>.
31. CIREN. Determinación de la erosión actual y potencial de Chile. 2010. p. 145.
32. SENAMHI. Determinación de la disponibilidad hídrica presente y futura de la Subcuenca del Río Shullcas. 2011. p. 198.
33. CATIE. Diagnóstico de la subcuenca del río Shullcas. 2016. Huancayo.
34. MEJIA, J. Hidrología Aplicada. 1era. Lima, 2012.
35. HUAMANÍ, J. Área de Influencia de la estación CO Dos de Mayo y categorización de lluvias de Septiembre a Noviembre 2010. 2013. Huánuco. INFORME TECNICO N° 03 SENAMHI
36. APARICIO, F. Fundamentos de Hidrología Superficial. Grupo Nori. Mexico, 1992. p 140. ISBN 9681830148
37. FATTORELLI, S. y FERNÁNDEZ, P. Diseño Hidrológico. 2da. Zaragoza, 2011. ISBN 978-987-05-2738-2.
38. BREÑA, A. y JACOBO, M. Principios y fundamentos de la hidrología superficial. 1era. Mexico, 2006. p 66.
39. PIZARRO, R., SANGUESA, C. y URRRA, N. Guía metodológica para la elaboración del mapa de zonas áridas, semiáridas y subhúmedas secas de América Latina y el Caribe. 1era. Uruguay, 2005. ISBN 92-9089-088-6.
40. HONORATO, R. Manual de edafología [en línea]. 4ta. Chile, 2000. ISBN 9789701505311. Disponible en: <https://books.google.com.gt/books?id=hssCtw1OOvMC&hl=es>

41. NUÑEZ, J. Manejo y conservación de suelos [en línea]. 1era. Costa Rica, 2001. [Fecha de consulta 6 September 2017]. ISBN 9968-31-154-5. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=l47PHoTfjoC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
42. MORGAN, C. Soil Erosion and Conservation. 3era. Australia, 2013. ISBN 9780470749111.
43. INSTITUTO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (IITA). Manual de prácticas integradas de manejo y conservación de suelos. 1997. Nigeria: IITA. p 5,6. ISBN 92-5-304417-9.
44. BIANCHI, V. Erosión cáncer del suelo [en línea]. 1947. Imprenta U. Chile. p. 05. Disponible en: <http://www.memoriachilena.cl/archivos2/pdfs/mc0027342.pdf>
45. PEREZ, S. Modelo para evaluar la erosión hídrica en Colombia utilizando Sistemas de Información Geográfica. Universidad Industrial de Santander, 2001.
46. JARAMILLO, D. Introducción a la ciencia del suelo. 2002. Medellín. ISBN 9800023143.
47. ZACHAR, D. Soil erosion [en línea]. New York: Elsevier Scientific Pub. Co, 1982. [Fecha de consulta 6 September 2017]. ISBN 0-444-99725-3. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=o8ny2dUkpM8C&printsec=frontcover&dq=erosion&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwio4MisqZHWAhUDZCYKHGXGECRUQ6AEIRTAE#v=onepage&q=erosion&f=false>
48. JORDÁN, A. Manual de edafología. 2007. Sevilla: Agrícola de la Universidad de Sevilla. p. 100.
49. PORTA, J., LOPEZ, M. y ROQUERO DE LABURU, C. Edafología para la agricultura y el medio ambiente. 3era. Madrid, 2003. ISBN 847114784X. p. 669
50. CISNEROS, J. y otros. Erosión hídrica, principios y técnicas de manejo [en línea]. 1era. Argentina, 2012. ISBN 9789876880244. Disponible en: http://www.todoagro.com.ar/documentos/2013/Erosion_Hidrica.pdf p. 283.
51. WICANDER, R. y MONROE, J. Fundamentos de Geología. 2da. México, 2000.

52. HONORATO, R., BARRALES, L., BARRERA, I. y PEÑA, F. Evaluación del modelo USLE en la estimación de la erosión en seis localidades entre la IV y IX region de Chile. *Ciencia e Investigación Agraria*. 2001. 28, p. 7–14.
53. GAYOSO, G. y ALARCÓN, D. *Guia de conservacion de suelos forestales*. 1era. Valdivia, 1999.
54. WILLY, V. *Land Use, Land Cover and Soil Sciences - Volume III: Land Use Planning* [en línea]. Primera Ed. United Kingdom : Eolss, 2009. [Fecha de consulta 7 March 2017]. ISBN 978-84826-237-9. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=zIXTCwAAQBAJ&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>
55. DÍAZ y otros. Determinación de índices de erosión de suelos aplicando análisis SIG para la localidad de San Andrés en la provincia de Pinar del Río. [en línea]. 2008. **14**, 1, p. 15–19. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-40182008000100003
56. SUÁREZ, J. *Control de erosión en zonas tropicales*. 1era. Colombia, 2001. ISBN 9583327344. Control de erosión.
57. ESRI. *Introducción a SIG*. [en línea]. 2019. [Fecha de consulta 05 de octubre 2019]. Disponible en: <https://resources.arcgis.com/es/help/getting-started/articles/026n0000000t000000.htm>
58. MEZA, C. *Aplicación del Sistema de Información Geográfica (SIG) en el modelamiento del río Ucayali* [en línea]. 2010. Lima. Disponible en: <http://industrial.unmsm.edu.pe/upg/archivos/libros/meza/SIGcorregido.pdf>
59. FAO. *Ordenamiento territorial en el municipio* [en línea]. 1era. Buenos Aires, 2014. ISBN 9789253083121. Disponible en: <http://www.fao.org/3/a-i3755s.pdf>
60. FARLEX. *The free dictionary*. [en línea]. 2019. [Fecha de consulta 8 October 2019]. Disponible en: <https://es.thefreedictionary.com>
61. FRANCO, S. *Principios básicos de cartografía y cartografía automatizada* [en línea]. 1era. México, 2003. ISBN 968835-833-9. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=jsVtsrDMSQwC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

62. IGN. Norma técnica geodésica [en línea]. 2015. Perú. Disponible en: <https://www.ign.gob.pe/wp-content/uploads/2017/04/ESPECIFICACIONES-TECNICAS-PARA-POSICIONAMIENTO.pdf>
63. FAO. Guía para la descripción de suelos. 2009. Bolivia.
64. GUERRERO, C. y CRUZ, L. Clasificación de suelos finos de Popayán [en línea]. 1era. Colombia, 2018. ISBN 978-958-56724-2-0. Disponible en: https://books.google.com.pe/books?id=7oawDwAAQBAJ&printsec=frontcover&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
65. MINISTERIO DE AGRICULTURA. Reglamento para la ejecución de Levantamiento de Suelos. 2010. Lima.
66. DEL CID, A., MÉNDEZ, R. y SANDOVAL, F. Investigación, fundamentos y metodología. 1era. México, 2007. ISBN 978-970-26-1075-5.
67. SALVATIERRA, E. Escenario de erosión actual de suelos en la subcuenca del Shullcas empleando el modelo USLE. [en línea]. 2013. [Fecha de consulta 3 September 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uap.edu.pe/handle/uap/3073>
68. HERNÁNDEZ, R. y otros. Metodología de la Investigación. 6ta. México D.F., 2014. ISBN 978-607-15-0291-9.

ANEXOS

Anexo 01. Matriz de consistencia.

Título de la tesis: **INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN TOTAL ANUAL EN LOS ÍNDICES DE RIESGO DE EROSIÓN POTENCIAL DEL SUELO DE LAS QUEBRADAS ERBACIO, RONDA Y PICHCAPUQUIO DE LA SUBCUENCA DEL RIO SHULLCAS.**

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
<p>Problema general</p> <p>¿Cuál es la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del Rio Shullcas?</p>	<p>Objetivo general</p> <p>Determinar la influencia de la precipitación total anual en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del Rio Shullcas.</p>	<p>Hipótesis de investigación:</p> <p>H1: La precipitación total anual influye significativamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.</p>	<p>Variable dependiente:</p> <p>Índices de riesgo de erosión potencial del suelo</p>	<p>Método general:</p> <p>Método Deductivo – Analítico.</p>
<p>Problemas específicos</p> <p>¿Cuáles son los índices de erosividad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio</p>	<p>Objetivos específicos</p> <p>Estimar los índices de erosividad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio</p>	<p>Hipótesis nula:</p> <p>H0: La precipitación total anual no influye significativamente en los índices de riesgo de erosión</p>	<p>Variable independiente:</p> <p>Precipitación total anual</p>	<p>Método específico:</p> <p>Método Observacional.</p> <p>Tipo de investigación:</p> <p>Aplicada.</p> <p>Nivel de investigación:</p> <p>Correlacional.</p> <p>Diseño de investigación:</p> <p>No experimental.</p>

<p>de la subcuenca de Río Shullcas?</p> <p>¿Cuáles son los índices de erodabilidad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca de Río Shullcas?</p> <p>¿Cuáles son los índices de pendiente de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca de Río Shullcas?</p>	<p>de la subcuenca de Río Shullcas.</p> <p>Determinar los índices de erodabilidad de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca de Río Shullcas.</p> <p>Identificar los índices de pendiente de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca de Río Shullcas.</p>	<p>potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.</p> <p>Hipótesis alterna:</p> <p>Ha: La precipitación total anual influye moderadamente en los índices de riesgo de erosión potencial del suelo de las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas.</p>		<p>Población:</p> <p>Está representada por las quebradas Erbacio, Ronda y Pichcapuquio de la subcuenca del río Shullcas (79.78 km²)</p> <p>Muestra:</p> <p>25.0 km² el cual representa el 31.3 % del área total de la población.</p>
--	---	---	--	--

Anexo 02. Instrumento de recolección de datos.

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, Jaime C. Espinoza Galarza, con DNI N° 19994526 y ejerzo la carrera profesional en Ingeniero Agrícola. Por medio de la presente hago contar que he revisado, con fines de validación, el instrumento "Instrumento de recolección de datos N° 01" que será aplicado por el Bach. Richard Jhonathan Condori Castro en el desarrollo de su investigación. Luego de hacer las verificaciones pertinentes, puedo formular las siguientes apreciaciones.

EVALUACION DE INSTRUMENTO:

N°	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El instrumento presenta coherencia con el problema de investigación.				X
2	El instrumento evidencia el problema a solucionar.				X
3	El instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación				X
4	El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación.				X
5	En general, el instrumento permite un manejo ágil de la información.				X

1=Deficiente, 2=Regular, 3=Bueno, 4=Exelente

Observaciones:

Huancayo, 10 de Abril del 2017


 Jaime Coco Espinoza Galarza
 INGENIERO AGRICOLA
 CIP 78061

Constancia de validación de instrumentos (1).

CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

Yo, Jaime C. Espinoza Galarza, con DNI N° 19994526
y ejerzo la carrera profesional en Ingeniero Agrícola.
Por medio de la presente hago contar que he revisado, con fines de validación, el
instrumento "Instrumento de recolección de datos N° 02" que será aplicado por el
Bach. Richard Jhonathan Condori Castro en el desarrollo de su investigación.
Luego de hacer las verificaciones pertinentes, puedo formular las siguientes
apreciaciones.

EVALUACION DE INSTRUMENTO:

N°	INDICADORES	VALORES			
		1	2	3	4
1	El instrumento presenta coherencia con el problema de investigación.				X
2	El instrumento evidencia el problema a solucionar.				X
3	El instrumento guarda relación con los objetivos propuestos en la investigación.				X
4	El instrumento facilita la comprobación de la hipótesis que se plantea en la investigación.				X
5	En general, el instrumento permite un manejo ágil de la información.				X

1=Deficiente, 2=Regular, 3=Bueno, 4=Exelente

Observaciones:

Huancayo, 19 de Setiembre del 2019



Jaime C. Espinoza Galarza
INGENIERO AGRICOLA
CIP 78061

Constancia de validación de instrumentos (2).

Instrumento de recolección de datos N° 01.



Universidad
Continental

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quib. Erbasio, Ronda y Pichrapa

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M01
Fecha	16/04/17
Hora	12:20 pm
Clima	Soleado
Coordenadas	E: 491104 N: 8673841
Cantidad de la muestra	1 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trincheras (m)	0.76 m. Trincheras

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quich. Eticadi, Panta y Patinapucini

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lompa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M02
Fecha	16/04/17
Hora	2:54 pm
Clima	Soleado
Coordenadas	E: 495342 N: 8578022
Cantidad de la muestra	1 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.80m. Trinchera.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quib. Estadio, Pando y Pichicospillo

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M03
Fecha	16/04/17
Hora	3:10 pm
Clima	Soleado
Coordenadas	E: 495066 N: 8678016
Cantidad de la muestra	2 Kg.
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.81m, Trinchera

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Qnt. Estación Poma y Pichaypuma

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picote Lompa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M04
Fecha	16/04/17
Hora	3:38 pm
Clima	Soleado
Coordenadas	E: 494577 N: 8677902
Cantidad de la muestra	1 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	1.25m. Trinchera

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quib. Erbeche, Punta y Pichcapuquí

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M05
Fecha	16/04/12
Hora	3:58 pm
Clima	Soleado
Coordenadas	E: 794807 N: 867 0000
Cantidad de la muestra	1 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.25m. Trinchera



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Que. Estacio, Ronda y Pichcapiqui

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lampa
Descripción de la superficie	Pastural

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M06
Fecha	16/04/17
Hora	4:24 pm
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 432754 N: 8676125
Cantidad de la muestra	1 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.90m. Trinchera

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quel. Erbario, Pando y Pichayes

Operador	Condori Castro Richard
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M07
Fecha	16/04/17
Hora	4:40pm
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 451881 N: 8676327
Cantidad de la muestra	1 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.80m. Trinchera

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Qued. Estadio, Banda y Pichicapampa

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lompa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M08
Fecha	16/04/12
Hora	4.55pm
Clima	Muy bueno
Coordenadas	E: 48 9134 N: 807 5133
Cantidad de la muestra	1Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	1.02m. Trinchera

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Dist. Estancia, Pando y Pichayapunta

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lampá
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M09
Fecha	16/04/17
Hora	5:20pm
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 488528 N: 8675041
Cantidad de la muestra	1 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0-35m Trinchera



**Universidad
Continental**

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quib. Estada, Pando y Pachapayán

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M10
Fecha	16/04/07
Hora	5:35pm
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 488387 N: 8675234
Cantidad de la muestra	1 kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.81m Trinchera

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Dist. Erbanza, Pando, Pichrapiquín

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	Picota Lanpa
Descripción de la superficie	Postizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M11
Fecha	16/04/12
Hora	5:00pm
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 488550 N: 8674563
Cantidad de la muestra	1 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	1.00 m Trinchera

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Qrb. Estadio Ronda y Pichigua

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	- Picota - Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-301
Fecha	08/10/19
Hora	11:00 am
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 493080 N: 8673784
Cantidad de la muestra	1.00 Kg.
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45 x 0.45 m.
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.80 m.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quebrada Estaca Honda y Pichocayqui

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	-Picota -Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-302
Fecha	06/10/19
Hora	2:02 pm
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 430825 N: 8073887
Cantidad de la muestra	1.00 kg.
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45 x 0.45 m
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.35 m.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Morayta
Nombre del sitio de Estudio	Bar. Erbio, Pando y Pichicapi

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	- Picota - Lampa
Descripción de la superficie	Aplazamiento Lítico

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-803
Fecha	05/10/19
Hora	4:40 pm
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 490819 N: 8676246
Cantidad de la muestra	—
Dimensiones de la Calicata (m)	—
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	—

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Sunín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quib. Erizado, Panía y Michapungo

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificador
Instrumentos usados	- Picota - Lompa
Descripción de la superficie	Postizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-304
Fecha	23/09/19
Hora	4:30 pm
Clima	Soleado
Coordenadas	E: 492848 N: 8676096
Cantidad de la muestra	100kg.
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45 x 0.45 m
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.82 m.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Ques, Estación Pareda y Pichanayo

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	- Picota - Lampa
Descripción de la superficie	Pantano

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-003
Fecha	28/02/19
Hora	3:15 pm
Clima	Soleado
Coordenadas	E: 495284 N: 8676036
Cantidad de la muestra	1.00 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45 x 0.45 m
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.70 m.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quebr. Estación, Poma y Pichuque

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	- Picota - Llave
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-005
Fecha	23/09/19
Hora	1:20 PM
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 4952.83 N: 867.8285
Cantidad de la muestra	1.00 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45 x 0.45 m.
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.45 m.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Bach. Estación, Ronda, Pichinapique

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	- Picota - Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-807
Fecha	23/09/19
Hora	10:30 am
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 493154 N: 867 80 30
Cantidad de la muestra	1.00 kg.
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45 x 0.45 m.
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.30 m.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Barr. Estancia, Pando y Pichayapampa

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	- Picote - Lampa
Descripción de la superficie	Pachhua

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-308
Fecha	06/10/19
Hora	3:40pm
Clima	Nublado
Coordenadas	E: 490880 N: 8078280
Cantidad de la muestra	1.00 Kg.
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45 x 0.45 m
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.80 m.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huacayo
Nombre del sitio de Estudio	Quinta Erbasio, Pando y Palompano

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	- Picota - Lampa
Descripción de la superficie	Pantizul

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	M-009
Fecha	28/03/19
Hora	3:45pm
Clima	Soleado
Coordenadas	E: 433065 N: 8080476
Cantidad de la muestra	1.00kg
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45x 0.45m
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.80m.

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 01

FICHA DE MUESTREO DE SUELOS – CADENA DE CUSTODIA

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Queb. Erbario, Pando y Pachapampa

Operador	Richard Condori Castro
Técnica de Muestreo	Identificación
Instrumentos usados	- Picota - Lampa
Descripción de la superficie	Pastizal

Datos de la Muestra:

Nombre del punto de muestreo	J-C-10
Fecha	28/08/19
Hora	1:20 pm
Clima	Señalado
Coordenadas	E: 430857 N: 868281
Cantidad de la muestra	1.00 Kg
Dimensiones de la Calicata (m)	0.45 x 0.45 m
Profundidad de la calicata/trinchera (m)	0.30 m.

Instrumento de recolección de datos N° 02.



INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO

Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quech. Ezbaco, Ronda y Pichonaspunta
Operador	Bach. Richard J. Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara Fotográfica
Descripción de la superficie	Aploramiento Lítico

Datos de observación:

Comentarios: 05/10/19 — Punto de Obs. 02 El área coincide con la imagen satelital
Croquis: (Resaltar puntos verificados)

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quebr. Iticaco, Pando y Pichuapugua
Operador	Bach. Richard Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara Fotográfica
Descripción de la superficie	Afloramiento Lítico

Datos de observación:

<p>Comentarios: 06/10/19 - Punto de Obs. 02 El área concuerda con la imagen satelital.</p>
<p>Croquis: (Resaltar puntos verificados)</p> 

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quib. Estación, Rombo y Pichcopaguisa
Operador	Bach. Richard Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara Fotográfica
Descripción de la superficie	Afloramiento lítico

Datos de observación:

Comentarios: 06/10/19 - Punto de Obs. 03 El área concuerda con la imagen satelital
Croquis: (Resaltar puntos verificados)


INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quech. Erbaco, Randa y Pichcapiquito
Operador	Bach. Richard Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara Fotográfica
Descripción de la superficie	Aplazamiento Lítico

Datos de observación:

Comentarios: 29/09/19 - Punto de Obs. 04 El área concuerda con la imagen satelital
Croquis: (Resaltar puntos verificados)


INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Queb. Erbato, Ronda y Pichapoguta
Operador	Bach. Richard Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara fotográfica
Descripción de la superficie	Aploramiento Lítico

Datos de observación:

Comentarios: 30/09/19 - Punto de Obs. 05 El área concuerda con la imagen satelital
Croquis: (Resaltar puntos verificados)


INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO

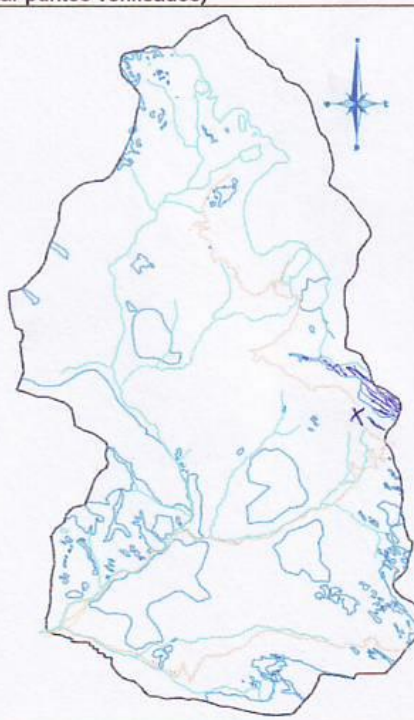
Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junin
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Queb. Erbacio, Ponda, Pichicapopulo
Operador	Bach. Richard Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Camara Fotografica
Descripción de la superficie	Aplazamiento Litico

Datos de observación:

<p>Comentarios: 30/03/19 - Punto de Obs. 06 El área concuerda con la imagen satelital</p>
<p>Croquis: (Resaltar puntos verificados)</p> 

INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Queb. Erbacho, Ranás, Pichcopiquio
Operador	Bach. Richard Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara Fotográfica
Descripción de la superficie	Pantizales

Datos de observación:

Comentarios: 29/09/19 - Punto de Obs 07 Presencia mínima de rocas igual que en la imagen satelital.
Croquis: (Resaltar puntos verificados)


INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Queb. El Bado, Ranta, Pichapampa
Operador	Bach. Richard J. Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara Fotográfica
Descripción de la superficie	Aplazamiento Lítico

Datos de observación:

Comentarios: 06/10/19 Punto de Obs. 08 El área concuerda con la imagen satelital
Croquis: (Resaltar puntos verificados)


INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Queb. Ervales, Randa y Piricapugallo
Operador	Bach Condori Castro Richard
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara Fotográfica
Descripción de la superficie	Aplazamiento lítico

Datos de observación:

Comentarios:
29/09/19 Punto de obs. 09
El área concuerda con la imagen satelital
Croquis: (Resaltar puntos verificados)


INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Juni
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quebr. Erbacio, Rincón y Pichapégata
Operador	Bach. Richard Condori Castro
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara fotográfica
Descripción de la superficie	Afloramiento lítico

Datos de observación:

Comentarios: 30/09/19 Punto de Obs. 10 El área concuerda con la imagen satelital
Croquis: (Resaltar puntos verificados)


INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS N° 02

FICHA DE INSPECCIÓN DE CAMPO


Investigador: Bach. Richard J. Condori Castro

Instrucciones: Rellenar los datos según corresponda

Datos Generales

Departamento	Junín
Provincia	Huancayo
Nombre del sitio de Estudio	Quebrada Estero, Ronda y Pichapampa
Operador	Bach. Condori Castro Richard
Técnica	Observación
Instrumentos usados	Cámara Fotográfica
Descripción de la superficie	Splorama de Lítico

Datos de observación:

Comentarios: 28/09/19 Punto de obs. 1) El área concuerda con la imagen satelital
Croquis: (Resaltar puntos verificados)


Anexo 03. Panel fotográfico.



Fotografía N° 01. Toma de muestra de suelo.



Fotografía N° 02. Grupo 01 de muestras extraídas.



Fotografía N° 03. Grupo 02 de muestras extraídas.



Fotografías N° 04 y 05. Calicatas M-B01 y M-B02.



Fotografías N° 06 y 07. Presencia de afloramiento lítico M-B03 y calicata M-B04.



Fotografías N° 08 y 09. Calicata M-B05 y M-B06.



Fotografías N° 10 y 11. Calicata M-B07 y M-B08.



Fotografías N° 12 y 13. Calicata M-B09 y M-B10.



Fotografías N° 14 y 15. Trincheras M01 y M02.



Fotografías N° 16 y 17. Trincheras M03 y M04.



Fotografías N° 18 y 19. Trinchera M05 y M06.



Fotografías N° 20 y 21. Trinchera M07 y M08.



Fotografías N° 22 y 23. Trinchera M09 y M10.



Fotografía N° 24. Trinchera M11.



Fotografía N° 25. Inspección P01 Afloramientos líticos.



Fotografía N° 26. Inspección P02 Afloramientos líticos.



Fotografía N° 27. Inspección P03 afloramientos líticos.



Fotografía N° 28. Inspección P04 afloramientos líticos.



Fotografía N° 29. Inspección P05 afloramientos líticos.



Fotografía N° 30. Inspección P06 afloramientos líticos.



Fotografía N° 31. Inspección P07 pastizales.



Fotografía N° 32. Inspección P08 afloramientos líticos.



Fotografía N° 33. Inspección P09 afloramientos líticos.



Fotografía N° 34. Inspección P10 afloramientos líticos.



Fotografía N° 35. Inspección P11 afloramientos líticos.

Anexo 04. Resultados de laboratorio.



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCAYO



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011
NOMBRE : RICHARD JHONATHAN CONDORI CASTRO
LOCALIDAD : HUANCAYO, JUNIN

RESULTADOS DE ANALISIS

M - 1	511-2017	08/11/2017
Potrero	Nº de Laboratorio	Fecha

pH	TEXTURA										
	C.E	M.O	P	K	Al	N	Mn	74.0	11.2	14.8	Franco
	mS/cm	%	(ppm)	(ppm)	me/100 gr	%	(ppm)	Arena	Arcilla	Limo	Arenoso

INTERPRETACION DE ANALISIS :

	Peligroso	Normal	BAJO	MEDIO	ALTO
Acidez Extractable					
Reaccion del Suelo					
Salinidad del Suelo					

RECOMENDACIÓN DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	Kg/há	Kg/há	Kg/há	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	kg./ha	Kg./ha	Kg./ha	
Recomendaciones y observaciones Especiales										
Cultivo				DATOS						
Recomendaciones de fertilizantes por el Especialista.	En la Siembra	Todo el P y el K								
	Al aporque	Nitrogeno								

INIA
Estación Experimental Agraria
Santa Ana - Huancayo

Ing. Msc. Oscar Garay Canales
(e) Área de Suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCAYO



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011
 NOMBRE : RICHARD JHONATHAN CONDORI CASTRO
 LOCALIDAD : HUANCAYO, JUNIN

RESULTADOS DE ANALISIS

M - 2	512-2017	08/11/2017
Potrero	Nº de Laboratorio	Fecha

pH								TEXTURA			
	C.E	M.O	P	K	Al	N	Mn	Arena	Arcilla	Limo	Franco
	mS/cm	%	(ppm)	(ppm)	me/100 gr	%	(ppm)	%	%	%	
								76.4	11.2	12.4	Franco

INTERPRETACION DE ANALISIS :

	Peligroso	Normal	BAJO			MEDIO	ALTO
	Acidez Extractable						
Reaccion del Suelo							
Salinidad del Suelo							

RECOMENDACIÓN DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	Kg/há	Kg/há	Kg/há	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	kg./ha	Kg./ha	Kg./ha	
FORMULA										
Recomendaciones y observaciones Especiales										
Cultivo				DATOS						
Recomendaciones de fertilizantes por el Especialista.	En la Siembra	Todo el P y el K								
	Aporque	Nitrogeno								

INIA
 Estación Experimental Agraria
 Santa Ana Huancayo
 Ing. Msc. Oscar Garay Canales
 (e) Área de Suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCAYO



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011
 NOMBRE : RICHARD JHONATHAN CONDORI CASTRO
 LOCALIDAD : HUANCAYO, JUNIN

RESULTADOS DE ANALISIS

M - 3	513-2017	08.11.2017
Potrero	Nº de Laboratorio	Fecha

pH	C.E mS/cm	M.O %	P (ppm)	K (ppm)	Al me/100 gr	N %	Mn (ppm)	TEXTURA			
								Arena %	Arcilla %	Limo %	Franco Arenoso
								76.4	11.2	12.4	

INTERPRETACION DE ANALISIS :

	Peligroso	Normal	BAJO			MEDIO			ALTO		
Acidez Extractable											
Reaccion del Suelo											
Salinidad del Suelo											

RECOMENDACIÓN DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Kg/há	Kg/há	Kg/há	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
FORMULA									
Recomendaciones y observaciones Especiales									
Cultivo				DATOS					
Recomendaciones de fertilizantes por el Especialista.	En la Siembra	Todo el P y el K							
	Aporque	Nitrogeno							
		Nitrogeno							

INIA
Estación Experimental Agraria
Santa Ana Huancayo

Ing. Msc. Oscar Garay Canales
(e) Área de Suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCAYO



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011
 NOMBRE : RICHARD JHONATHAN CONDORI CASTRO
 LOCALIDAD : HUANCAYO, JUNIN

RESULTADOS DE ANALISIS

M - 5	515-2017	08/11/2017
Potero	Nº de Laboratorio	Fecha

pH	C.E mS/cm	M.O %	P (ppm)	K (ppm)	Al me/100 gr	N %	Mn (ppm)	TEXTURA			
								Arena %	Arcilla %	Limo %	Franco Arenoso
								70.8	11.2	18.0	

INTERPRETACION DE ANALISIS :

	Peligroso	Normal	Nitrógeno (N) Fósforo (P) Potasio (K) % M.O.	BAJO	MEDIO	ALTO
Acidez Extractable						
Reaccion del Suelo						
Salinidad del Suelo						

RECOMENDACIÓN DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	Kg/há	Kg/há	Kg/há	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	kg./ha	Kg./ha	Kg./ha	
Minimo										
Recomendaciones y observaciones Especiales										
Cultivo				DATOS						
Recomendaciones de fertilizantes por el Especialista.	Aplicar a la Siembra	Todo el P y el K								
	Aporque	Nitrogeno								

INIA
 Estación Experimental Agraria
 Santa Ana Huancayo
 Ing. Msc. Oscar Garay Canales
 (s) Area de Suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCAYO



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011
 NOMBRE : RICHARD JHONATHAN CONDORI CASTRO
 LOCALIDAD : HUANCAYO, JUNIN

RESULTADOS DE ANALISIS

M - 7	517-2017	08/11/2017
Potrero	Nº de Laboratorio	Fecha

pH	C.E mScm	M.O %	P (ppm)	K (ppm)	Al me/100 gr	N %	Mn (ppm)	TEXTURA			
								Arena %	Arcilla %	Limo %	Franco Arenoso
								54.4	11.6	34.0	

INTERPRETACION DE ANALISIS :

	Peligroso	Normal	BAJO		MEDIO	ALTO
	Acidez Extractable			Nitrógeno (N)		
Reaccion del Suelo			Fósforo (P)			
Salinidad del Suelo			Potasio (K)			
			% M.O.			

RECOMENDACIÓN DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	Kg/há	Kg/há	Kg/há	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	kg./ha	Kg./ha	Kg./ha	
Mínimo										
Recomendaciones y observaciones Especiales										
Cultivo				DATOS						
Recomendaciones de fertilizantes por el Especialista.	Aplicar a la Siembra	Todo el P y el K								
	Aporque	Nitrogeno								

INIA
 Estación Experimental Agraria
 Santa Ana Huancayo
 Ing. Msc. Oscar Garay Canales
 (e) Area de Suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCAYO



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011
 NOMBRE : RICHARD JHONATHAN CONDORI CASTRO
 LOCALIDAD : HUANCAYO, JUNIN

RESULTADOS DE ANALISIS

M - 8	518-2017	08/11/2017
Potrero	Nº de Laboratorio	Fecha

pH	C.E	M.O	P	K	Al	N	Mn	TEXTURA			
								Arena	Arcilla	Limo	Franco Arenoso
								70.8	11.6	17.6	
	mS/cm	%	(ppm)	(ppm)	me/100 gr	%	(ppm)	%	%	%	

INTERPRETACION DE ANALISIS :

	Peligroso	Normal	BAJO			MEDIO			ALTO		
Acidez Extractable			Nitrógeno (N)								
Reaccion del Suelo			Fósforo (P)								
Salinidad del Suelo			Potasio (K)								
			% M.O.								

RECOMENDACIÓN DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

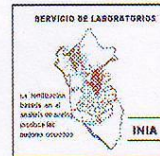
NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	kg./ha	Kg./ha	Kg./ha	
Mínimo										
Recomendaciones y observaciones Especiales										
Cultivo	DATOS									
Recomendaciones de fertilizantes por el Especialista.	Aplicar a la Siembra									
	Aporque									

INIA
Estación Experimental Agraria
Santa Ana Huancayo

Ing. Msc. Oscar Garay Canales
(e) Área de Suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCAYO



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011
 NOMBRE : RICHARD JHONATHAN CONDORI CASTRO
 LOCALIDAD : HUANCAYO, JUNIN

RESULTADOS DE ANALISIS

M - 10	520 - 2017	08/11/2017
Potrero	Nº de Laboratorio	Fecha

pH	C.E mS/cm	M.O %	P (ppm)	K (ppm)	Al mg/100 gr	N %	Mn (ppm)	TEXTURA			
								Arena %	Arcilla %	Limo %	Franco Arenoso
								56.8	15.6	27.6	

INTERPRETACION DE ANALISIS :

	Peligroso	Normal	BAJO	MEDIO	ALTO
Acidez Extractable					
Reaccion del Suelo					
Salinidad del Suelo					

RECOMENDACIÓN DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
Minimo									
Recomendaciones y observaciones Especiales									
Cultivo				DATOS					
Recomendaciones de fertilizantes por el Especialista.	Aplicar a la Siembra	Aplicar todo el P y el K							
	Aporque	Nitrogeno							

INIA
 Estación Experimental Agraria
 Santa Ana Huancayo
 Ing. Msc. Oscar Garay Canales
 (s) Area de Suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCAYO



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011

NOMBRE : RICHARD JHONATHAN CONDORI CASTRO

LUGAR : HUANCAYO, JUNIN

RESULTADOS DE ANALISIS

M - 11	521-2017	08/11/2017
Potrero	Nº de Laboratorio	Fecha

pH	C.E mS/cm	M.O %	P (ppm)	K (ppm)	Al me/100 gr	N %	Mn (ppm)	TEXTURA			
								Arena %	Arcilla %	Limo %	Franco Arenoso
								58.8	15.6	27.6	Franco

INTERPRETACION DE ANALISIS :

	Peligroso	Normal	BAJO	MEDIO	ALTO
Acidez Extractable			Nitrógeno (N) Fósforo (P) Potasio (K) % M.O.		
Reacción del Suelo					
Salinidad del Suelo					

RECOMENDACIÓN DE NUTRIENTES DEL LABORATORIO DE SUELOS

NUTRIENTES	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha	Kg/ha
FORMULA									
Recomendaciones y observaciones especiales									
Cultivo:				DÁTOS					
Recomendaciones sobre aplicación de fertilizantes por el Especialista	Aplicar en la siembra.	Aplicar todo el P y K							
	En el macollaje	Nitrógeno							

INIA
Estación Experimental Agraria
Santa Ana, Huancayo

Ing. Msc. Oscar Garay Canales
(e) Área de Suelos



INSTITUTO NACIONAL DE INNOVACION AGRARIA
ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA SANTA ANA HUANCA



SERVICIO DE LABORATORIO

Laboratorio de Servicio de Suelos : Teléfonos : 24-6206 y 24-7011

NOMBRE : RICHARD CONDORI CASTRO

LUGAR : :

RESULTADOS DE ANALISIS

22/10/2019

Fecha

ANALISIS DE TEXTURA : METODO DE BOUYUCOS

N° de Orden	N° de Laboratorio	CLAVE	RESULTADOS			CLASE DE TEXTURA
			%ARENA	%ARCILLA	%LIMO	
1	777	M-B01	77.2	10	12.8	FRANCO ARENOSO
2	778	M-B02	74.8	10	15.2	FRANCO ARENOSO
3	779	M-B04	62.4	12	25.6	FRANCO ARENOSO
4	780	M-B05	70.4	12	17.6	FRANCO ARENOSO
5	781	M-B06	68.4	12	19.6	FRANCO ARENOSO
6	782	M-B07	70.8	10	19.2	FRANCO ARENOSO
7	783	M-B08	72.8	10	17.2	FRANCO ARENOSO
8	784	M-B09	70.8	10	19.2	FRANCO ARENOSO
9	785	M-B10	68.8	10	21.2	FRANCO ARENOSO

ESTACION EXPERIMENTAL AGRARIA
SANTA ANA HUANCA
Ing. Inga Flores de Godoy
(a) Laboratorio Suelos y Agua

Anexo 05. Solicitud de información dirigida al SENAMHI.

Huancayo, 03 de Julio del 2017

CARTA N° 010-2017-RJCC

SEÑOR (A):
ING. AMELIA DIAZ PABLO
PRESIDENTA EJECUTIVA DEL SENAMHI

Huancayo.-

ASUNTO : SOLICITO INFORMACION DE PRECIPITACION MENSUAL TOTAL Y TEMPERATURA MEDIA MENSUAL.

REFERENCIA : RESOLUCION DECANAL N° 0323-2017-FI-UC

SENAMHI
DIRECCION ZONAL 11
N° de Expediente:
03 JUL. 2017
RECIBIDO
HORA 5:20

De mi especial consideración:


Mediante el presente me dirijo a usted, para saludarlo cordialmente y expresarle que a la fecha vengo realizando un trabajo de Tesis que lleva por nombre: "INFLUENCIA DE LA PRECIPITACIÓN MEDIA ANUAL EN LOS ÍNDICES DE FRAGILIDAD POTENCIAL DEL SUELO PARA EL FENÓMENO DE EROSIÓN, EN LAS QUEBRADAS ERBACIO, RONDA Y PICHCAPUQUIO DENTRO DE LA SUBCUENCA DEL RIO SHULLCAS 2010-2016" para lo cual necesito datos de **Precipitación Mensual Total** y **Temperatura Media Mensual** de las estaciones **Acopalca, Shullcas, Viques, Huayao e Ingenio** con la data que se cuente hasta el 2016 ya que es indispensable para determinar la precipitación media anual entre otros factores por la metodología CORINE.

Se adjunta al presente lo siguiente:

- Copia de Resolución de Tesis.
- Copia de DNI.
- Coreo electrónico de referencia: richardj_ccj@hotmail.com, richardj.ccj@gmail.com)

Sin otro particular y seguro de contar con la atención al presente, me suscribo a Ud. Reiterándole las muestras de mi especial consideración y estima personal.

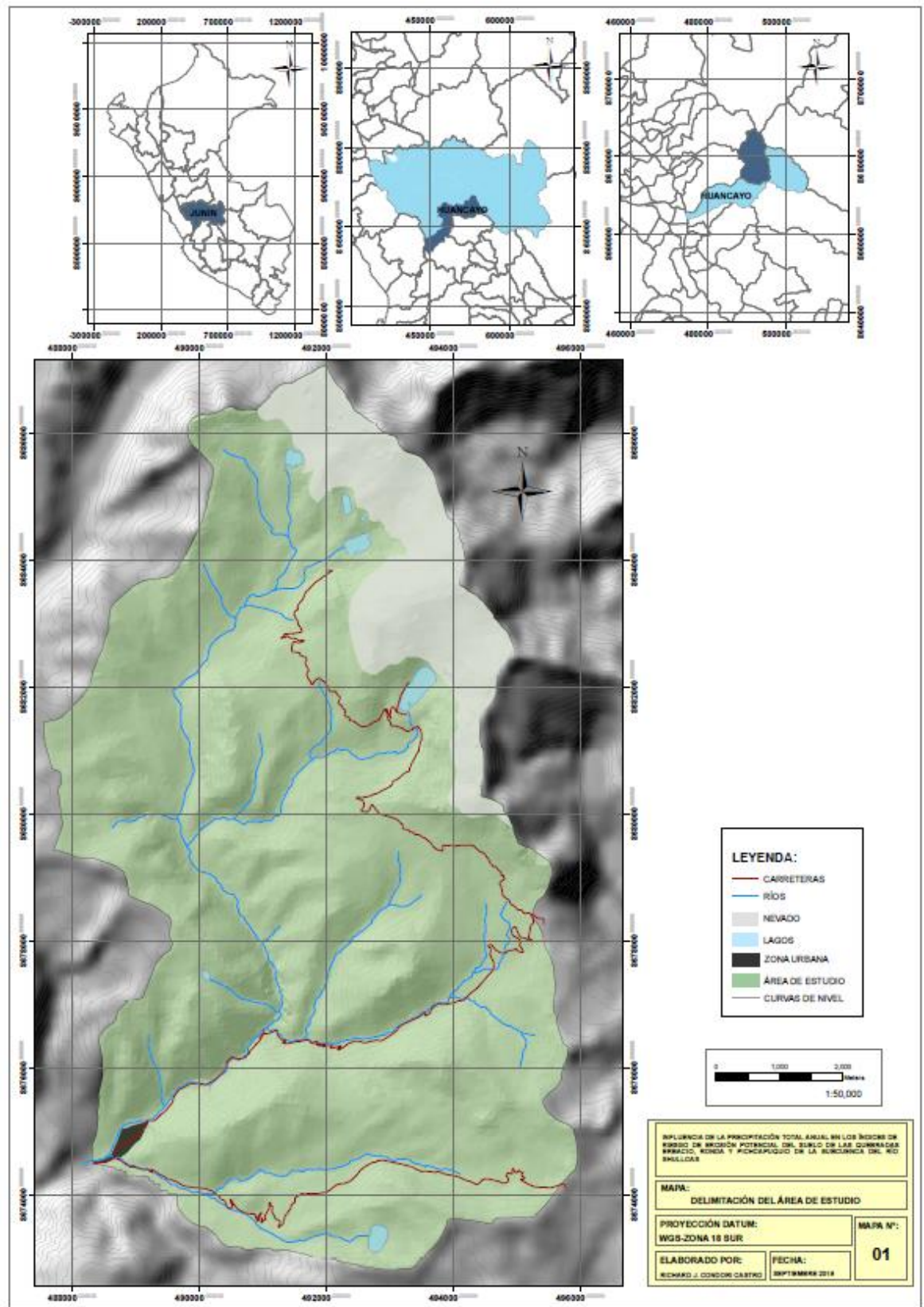
Atentamente,



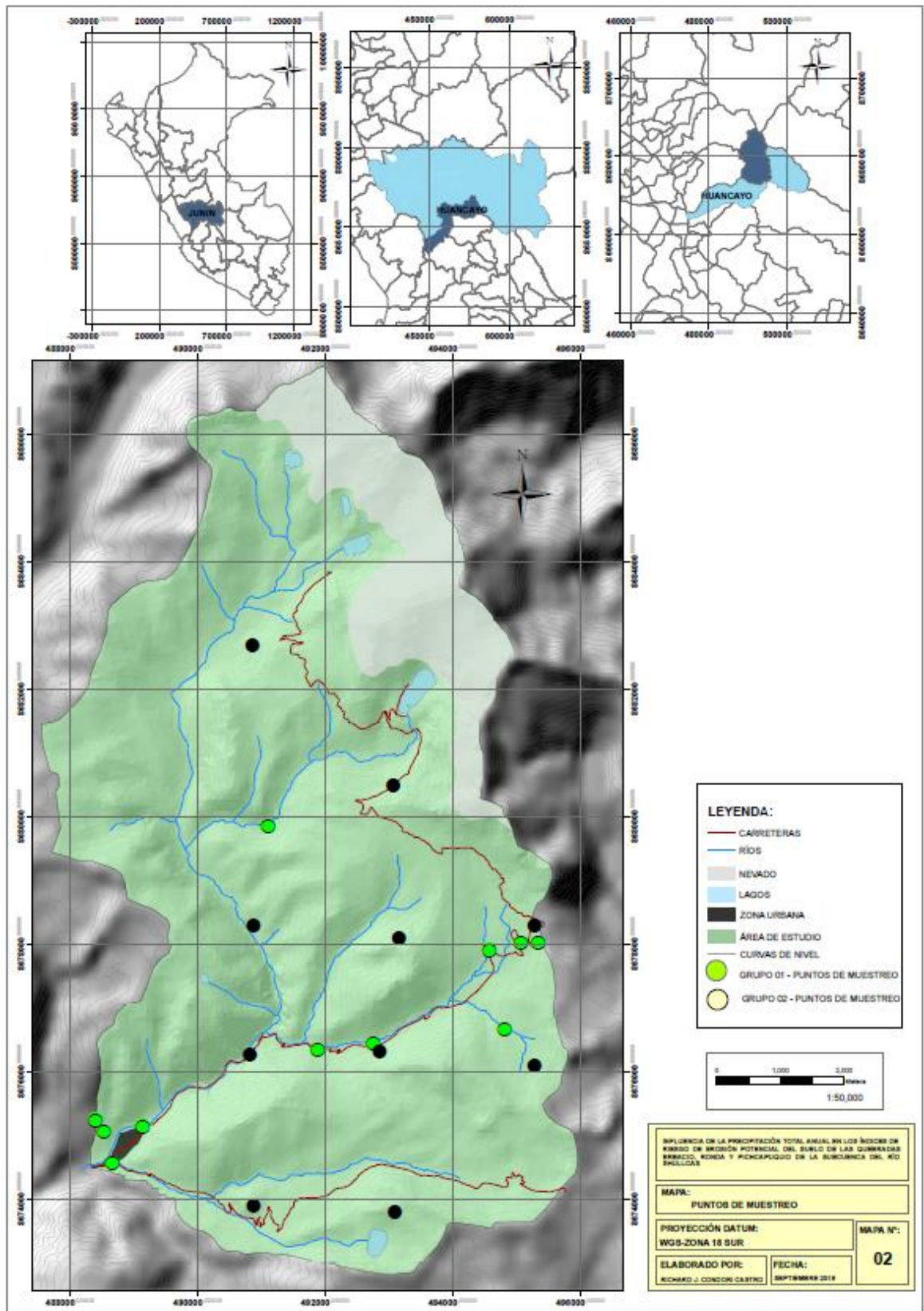
Condori Castro, Richard Jhonathan.
DNI: 45635023

Jr. Las Dalias N° 149 - Urb. Bellabista - Huancayo
Correo: richardj_ccj@hotmail.com
Teléfono: 950664942
RPM: #950664942

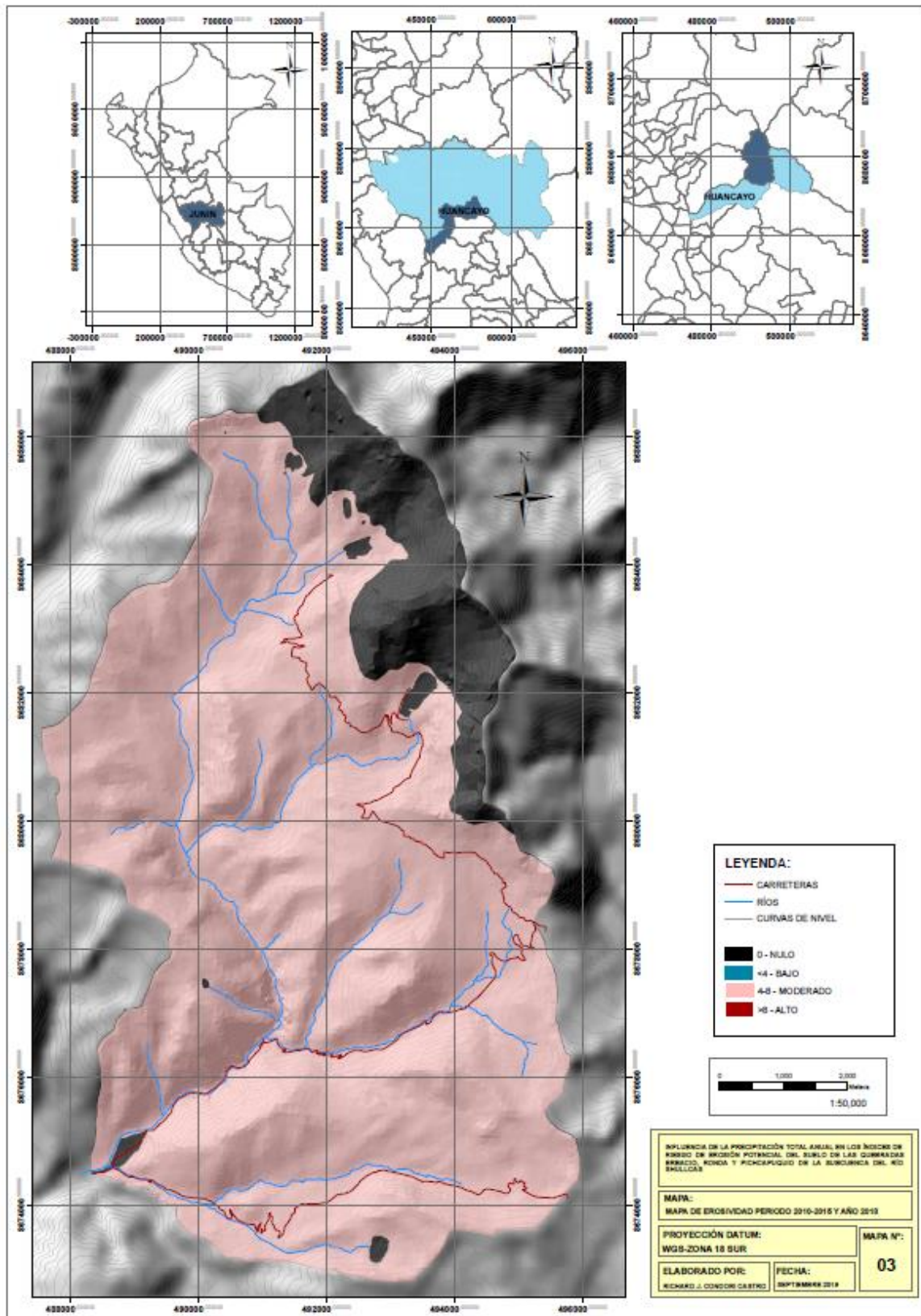
Anexo 06. Mapas temáticos.



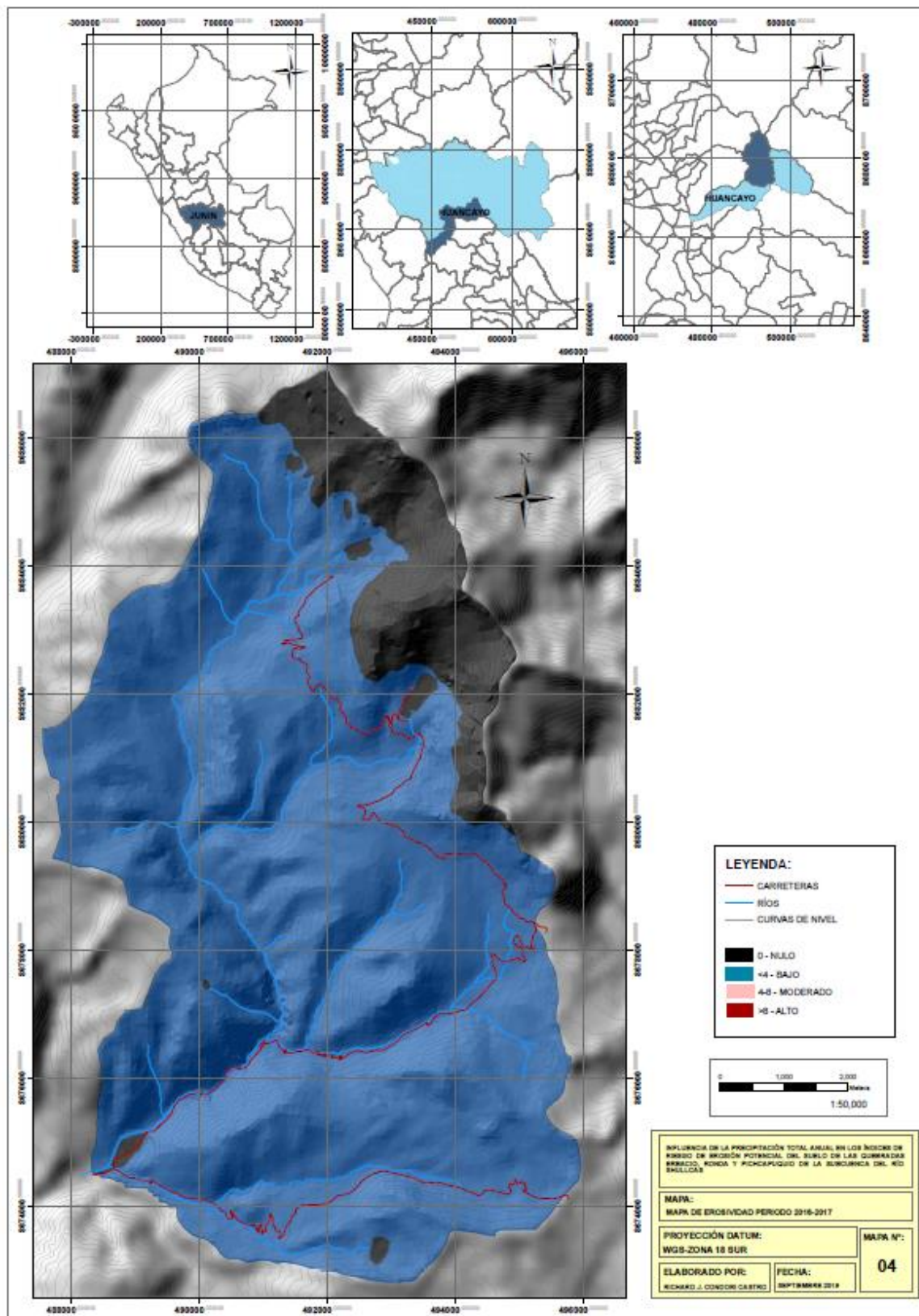
Mapa de delimitación del área de estudio.



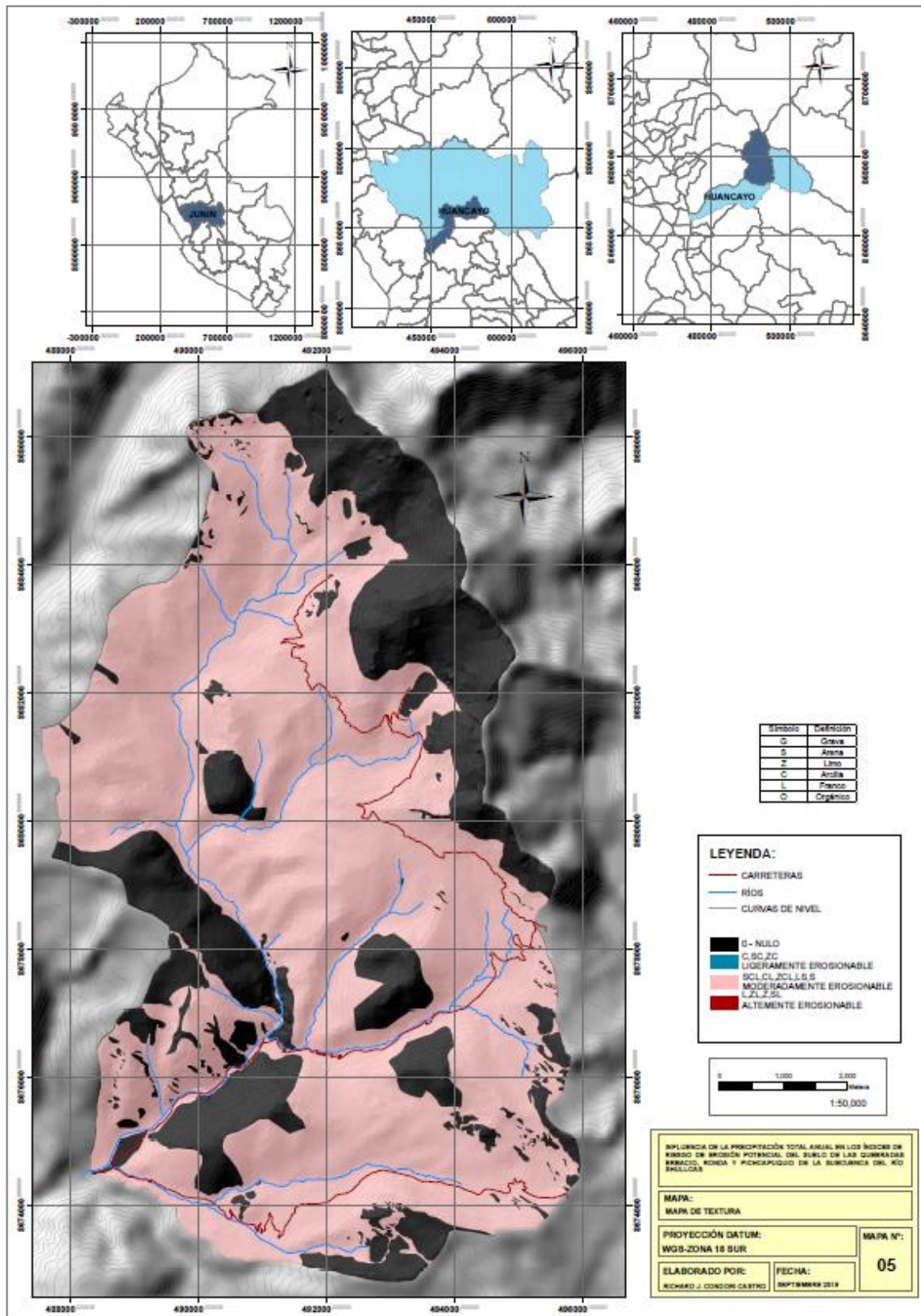
Mapa de puntos de muestreo.



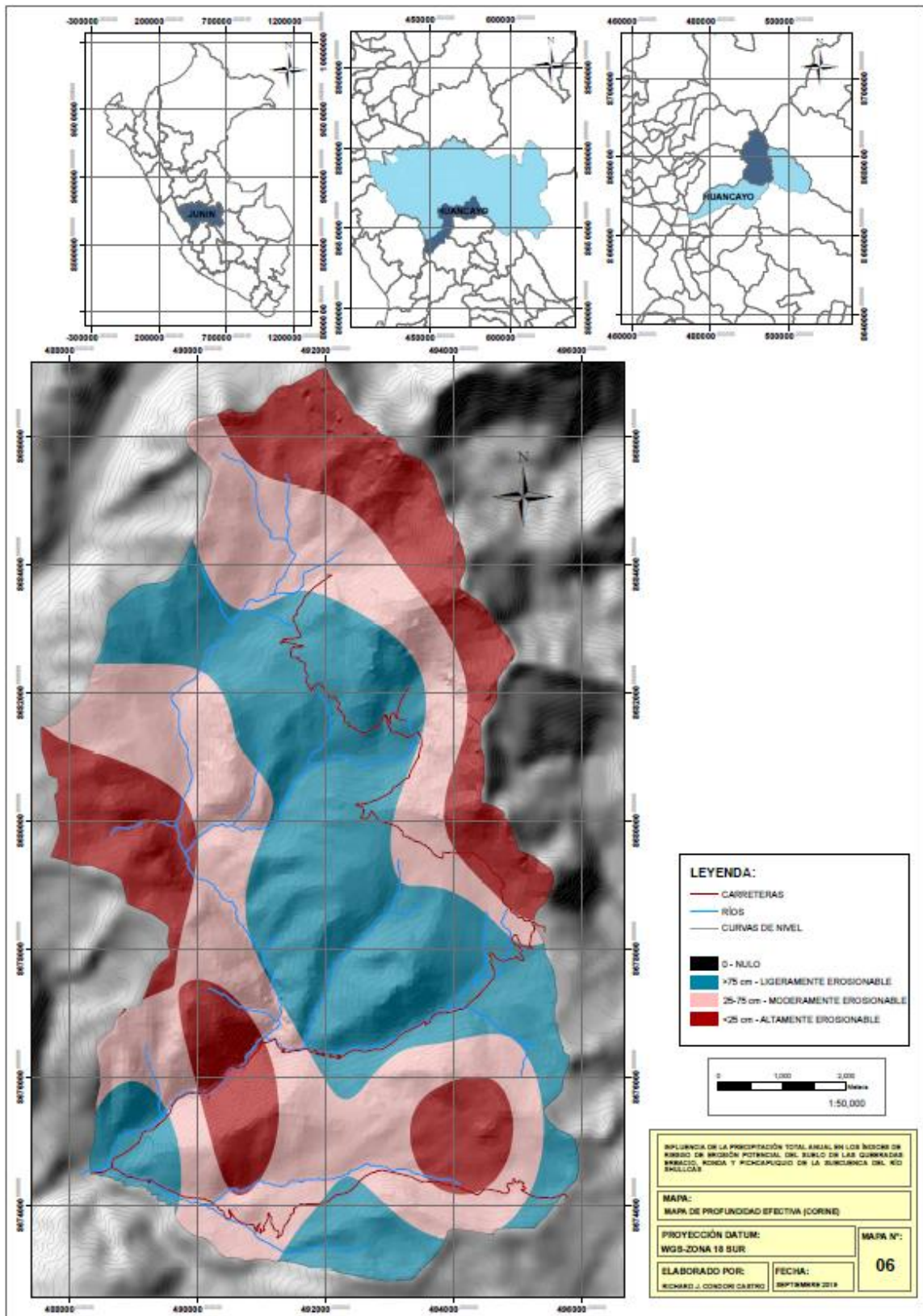
Mapa de erosividad.



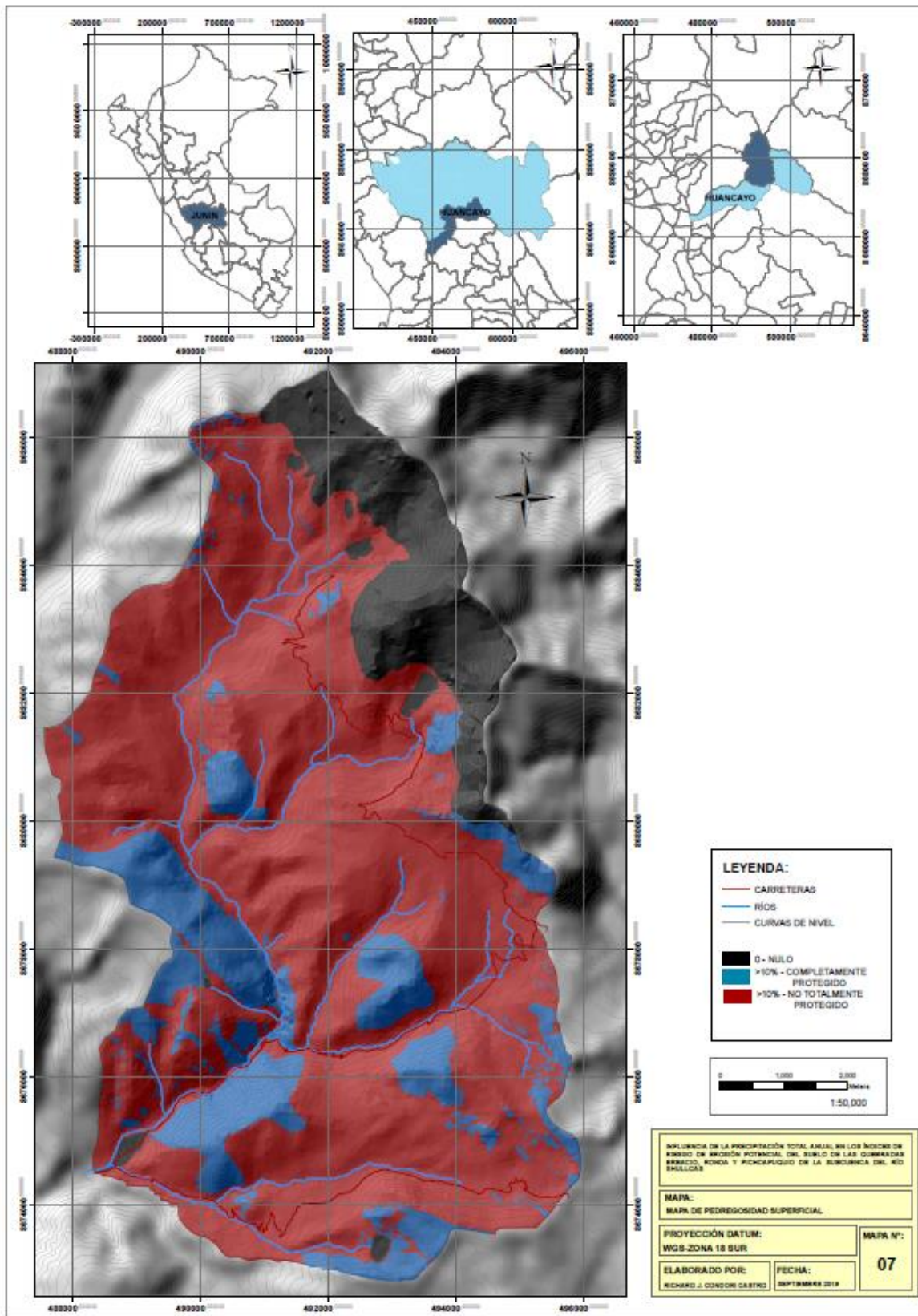
Mapa de erosividad 2.



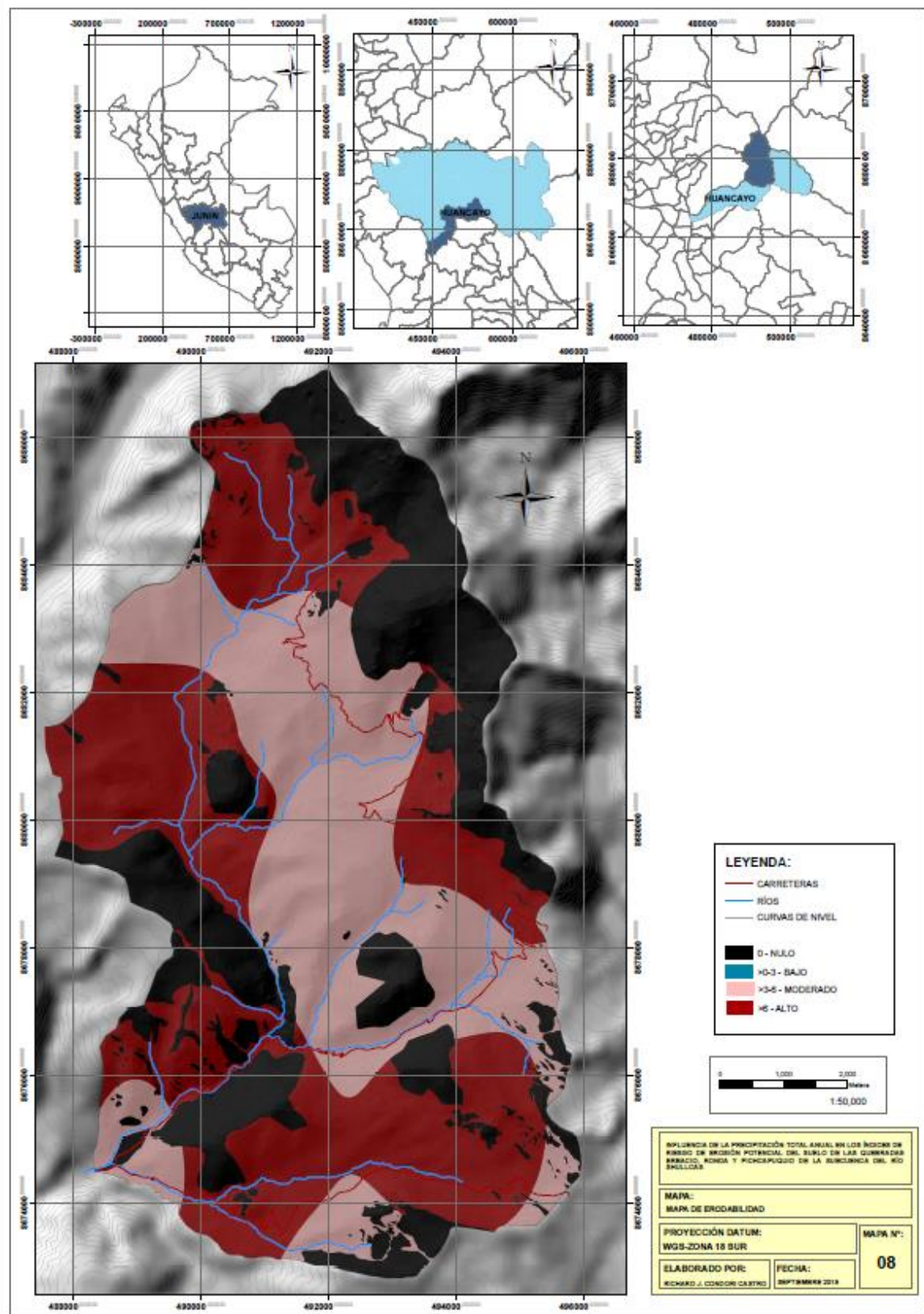
Mapa de textura.



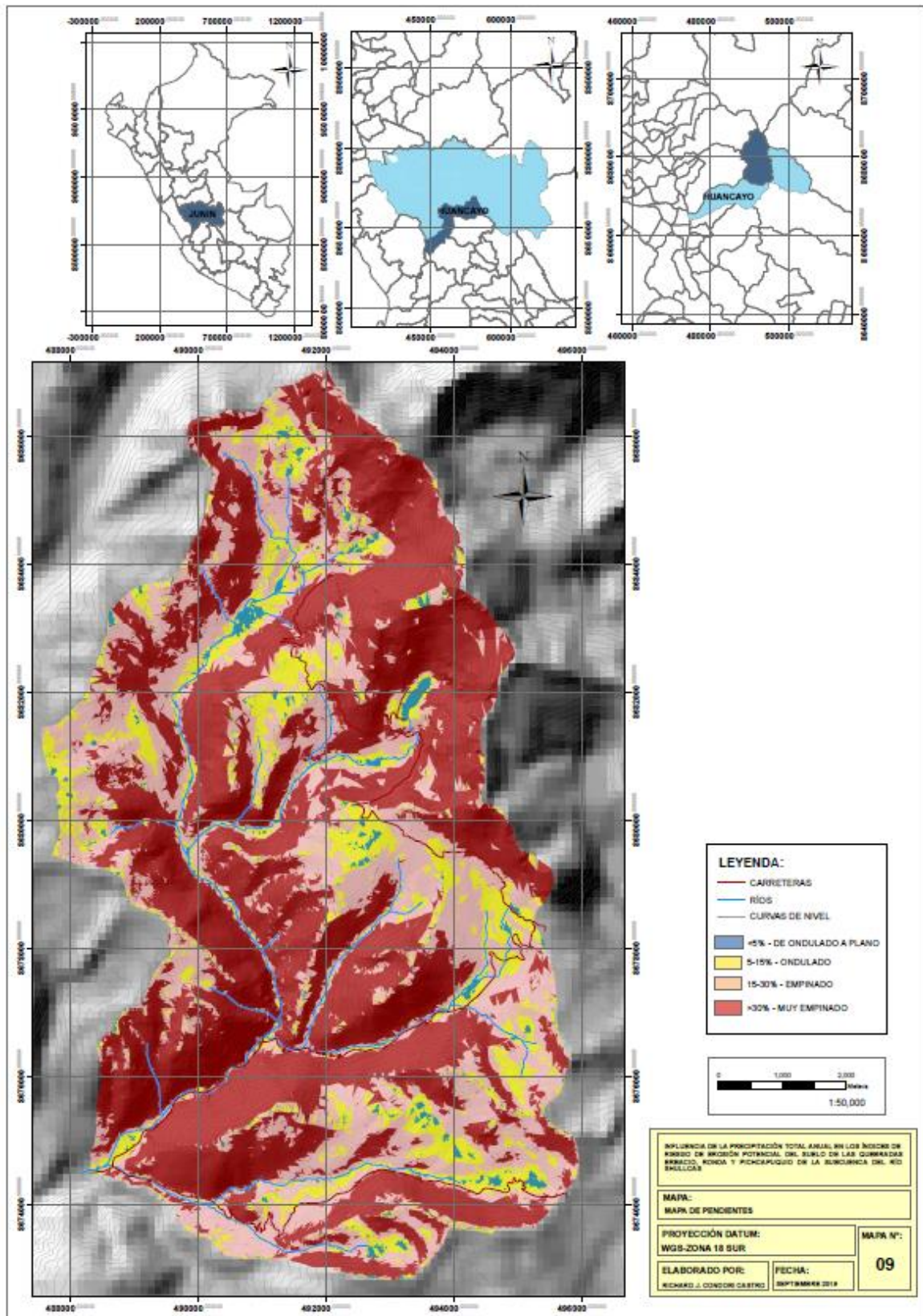
Mapa de profundidad efectiva (CORINE).



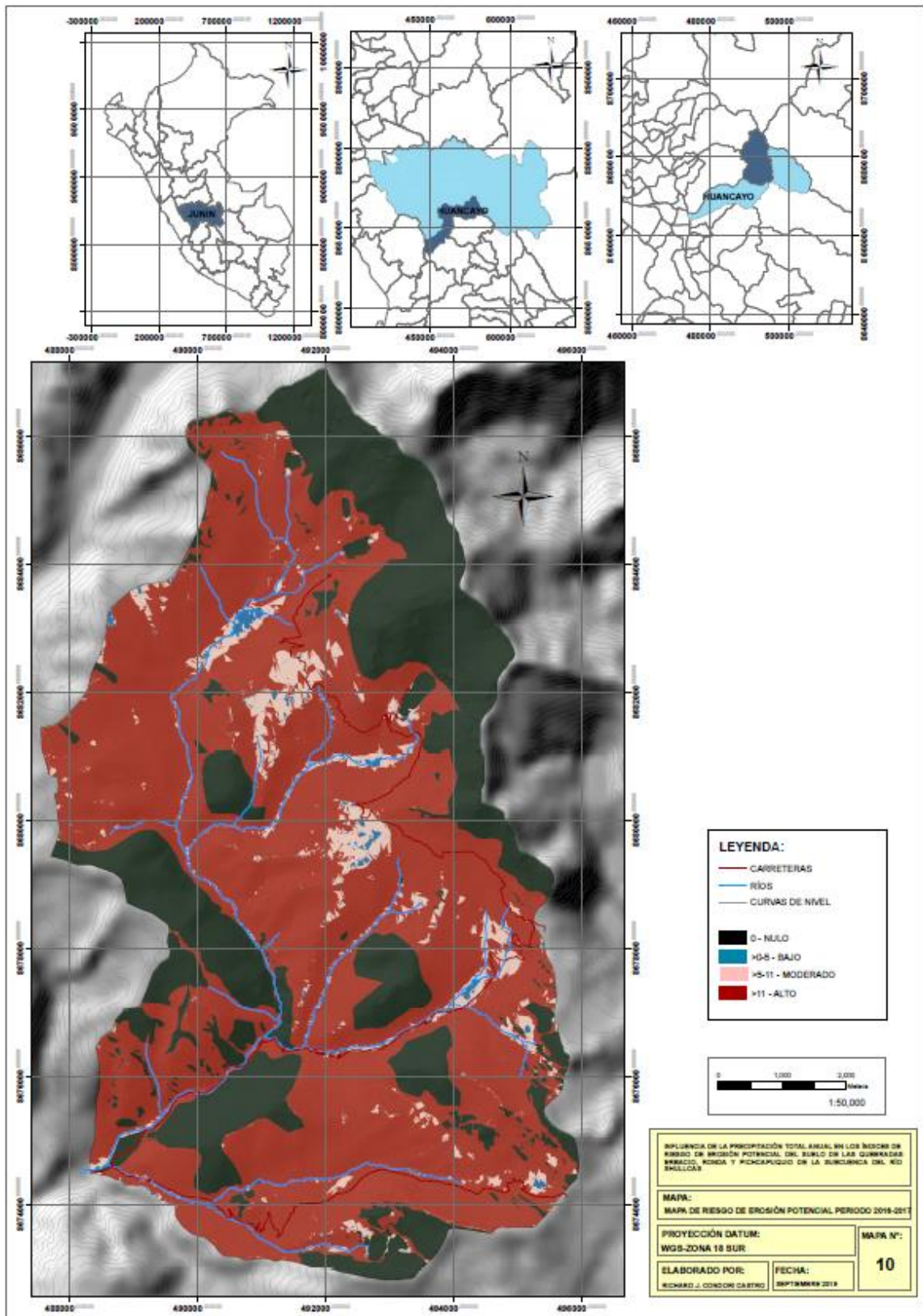
Mapa de pedregosidad superficial.



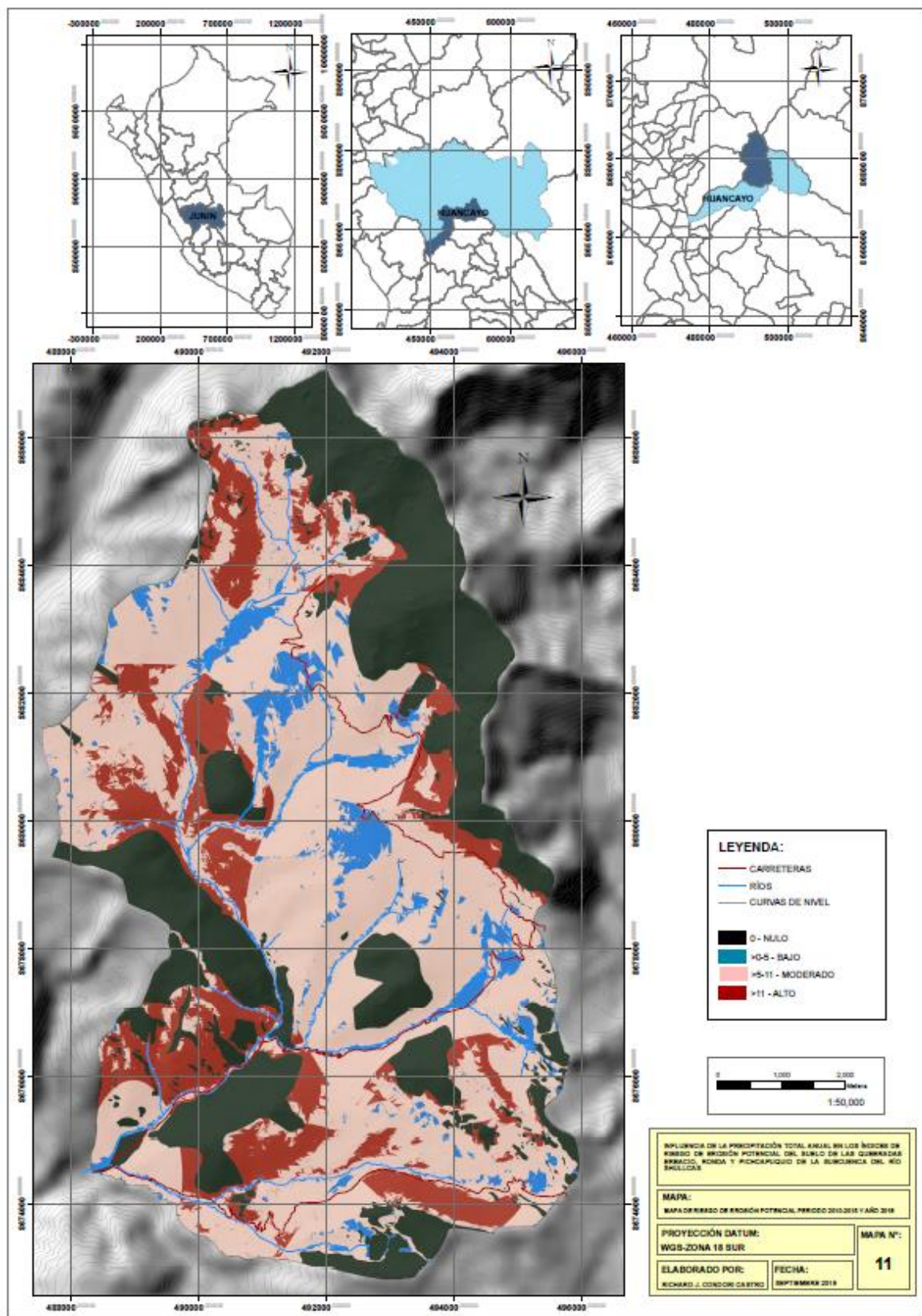
Mapa de erodabilidad.



Mapa de pendientes.



Mapa de riesgo de erosión potencial.



Mapa de riesgo de erosión potencial 2.